#10

BULLETIN
OF THE
NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 10

南西海区水産研究所研究報告

第 10 号

昭和 52 年 10 月
南 西 海 区 水 産 研 究 所
広　島
NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
FISHERIES AGENCY
HIROSHIMA, JAPAN
October 1977

南西海区水産研究所研究報告

第 10 号

目　　次

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 1~16 (1977)

Some Morphological Observations on Larvae and Juveniles of the Kurodai, *Mylio macrocephalus* (Sparidae : TELEOSTEI) Reared in the Laboratory

Osamu FUKUHARA

In recent years, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky) is receiving increasing consideration among aquaculturists as a suitable species for profitable cultivation. Although considerable efforts have been undertaken to improve culture techniques for various marine fish species, including kurodai, the knowledge of the development of morphological characters and their ecological significance are still not adequately known for many species. Thus, environmental requirements for optimum development, suitable methods for and optimum size at liberation of fry into natural habitats as well as the biological importance of pre-liberation protection of seedlings in enclosures or embayments are not yet fully understood. They may provide an indispensable basis for a sound development of a farming-fisheries industry for various marine fishes. Experimental studies are needed in order to obtain these informations for both the laboratory and the natural habitat.

Morphological characteristics during early development under almost natural conditions are not known in detail for the kurodai. Embryonic stages and pre-larvae have been described briefly by SENO (1912)[1] and KISHINOUYE (1915)[2]. Young larvae and juveniles from plankton catches are considered by UCHIDA *et al.* (1958)[3] and MITO (1963)[4].

This paper describes the development of the functional morphology of kurodai, especially that of fins, scales and transverse stripes, in relation to behaviour of the larvae and juveniles. A detailed knowledge of morphological characteristics developed during successive stages may be considered as important for an effective utilization and observation of hatchery reared seedlings planted in natural habitats.

Material and Methods

Fertilized eggs were collected on 21 May 1976 at Hiroshima Prefectural Fisheries Experimental Station on Kurahashi Island. These eggs had been spawned by parental fish kept in a floating net cage on the 20 th of May at ambient temperature of about 18.0 °C. Eggs were transferred to the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Ohno-cho. Transportation took about 2 hours.

Received: April 12, 1977. Contribution No. 65 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

Eggs were stocked into incubation tanks immediately upon arrival. Running sea water (ambient temperature; filtered through a sandfilter) was provided throughout the incubation time. Immediately after hatching, yolk sac larvae were stocked into two translucent circular tanks of 500 *l* capacity each (diameter: 105 cm; water depth: 70 cm; stocking density: 12 larvae per liter). The rearing tanks were placed in the laboratory near the window facing south. Plastic blinds were used to eliminate direct sunlight during day time. No artificial illumination was provided. Sediments and dead larvae which had accumulated at the bottom were removed daily by a siphon or a pipet. Each rearing tank was gently aerated by an airstone. Tank water was partly exchanged (about 1/5 of the total volume) every three or four days during the first 30 days of the experiment. Running water was employed throughout the remaining experimental period of 70 days. The upward trend in ambient water temperature during late spring was also observed in the rearing tanks, ranging from 18.8 to 26.3 °C during the experimental period.

From day 3 to day 25 after hatching, the larvae were fed on rotifer, *Brachionus plicatilis*. From day 15 to day 35 the copepod *Tigriopus japonicus* was employed as an additional food organism. Food organisms had been cultured in separate tanks. They were added to the rearing tanks in regular intervals in order to maintain an average density of 5 to 10 individuals per liter. Minced meat of mussels and small fishes was offered as food to post-larvae and juveniles after day 30.

In intervals of 5 to 10 days, 15 to 20 specimens were removed from rearing tank in order to measure growth and to observe the development of meristic characters, such as fins, scales and transverse stripes of melanophores. All observations on external features of the fish were carried out on the left side of the specimens sampled. Detailed methods of observations were similar to those described previously in a paper on the madai, *Chrysophrys major* (FUKUHARA 1976 a, b)[5) 6)]

Specimens of 20 mm or less in standard length were preserved in 5 % buffered formalin solution, and those larger than 20 mm in standard length were kept in 10 % buffered formalin solution. The transverse bands of pigment were observed without staining fish, whereas observations on segmentation, branching of fins and scale formation were made after staining with Alizarin. Measurements were done under an profile projector (Nikon, model V-16) in connection with an electric digital micrometer (Nikon, model RQ-321S). For direct observations on larvae and juvenile specimens a binocular microscope had been employed.

Results

Appearance of eggs

Egg diameter varied from 0.96 to 1.12 mm at ambient salinity of about 32 ‰. At that salinity the perivitelline space appeared to be very narrow. The eggs observed during this experiment contained only one oil globule. There is only little information available on the relationship between incubation temperature and incubation time. In our experiments hatching occurred in 3 to 2 days after fertilization at temperatures of 18.0 to 20.6 °C, respectively.

General remarks on larval morphology

The average size of newly hatched larvae was 2.47 mm in standard length. The mouth opened when the larvae reached an average standard length of about 3.0 mm, 4 to 5 days after hatching at ambient temperatures of 18.0 to 20.6 °C. Yolk absorption was completed within 6 days after hatching, but active feeding started one to two days earlier.

Compared to the larval development of other breams, no remarkable differences were observed during the two weeks following hatching. The form and extend of the primordial fin-fold changed strikingly at the transitional phase between larva and juvenile. This stage occurred between day 25 and 28 after hatching.

Observation on the formation of fins

Fin rays were enumerated for each of the fins after staining the fish with Alizarin. Development of segmentation and branching of fin rays were plotted against standard length of fish (Fig. 1). Segmentation of the unpaired fins was completed when the larvae reached a standard length of about 9 mm. The caudal fin showed a larger number of rays than the other unpaired fins, yet its segmentation as well as the branching of rays occurred considerably earlier. The size difference in standard length of fish between the first appearance of segmented rays and the completion of segmentation was 3.0 mm in the case of the unpaired fins. This size difference of larvae was equivalent to a five day rearing period in this experiment.

Branching of rays in unpaired fins began shortly after the larvae had attained a standard length of about 10 mm when segmentation was almost completed. Anal and caudal fin branching was completed at about 20 mm standard length. No further increase in the number of branching of the dorsal fin was observed, when the larvae attained a size of about 30 mm. In general, branching of rays in unpaired fins required a considerable longer time than segmentation of rays. Similar trends had been observed in the development of soft rays of the madai (*Chrysophrys major*) reared under laboratory conditions (FUKUHARA 1976 a)[5].

In general, 9 soft rays observed in the specimens smaller than 18.0 mm in

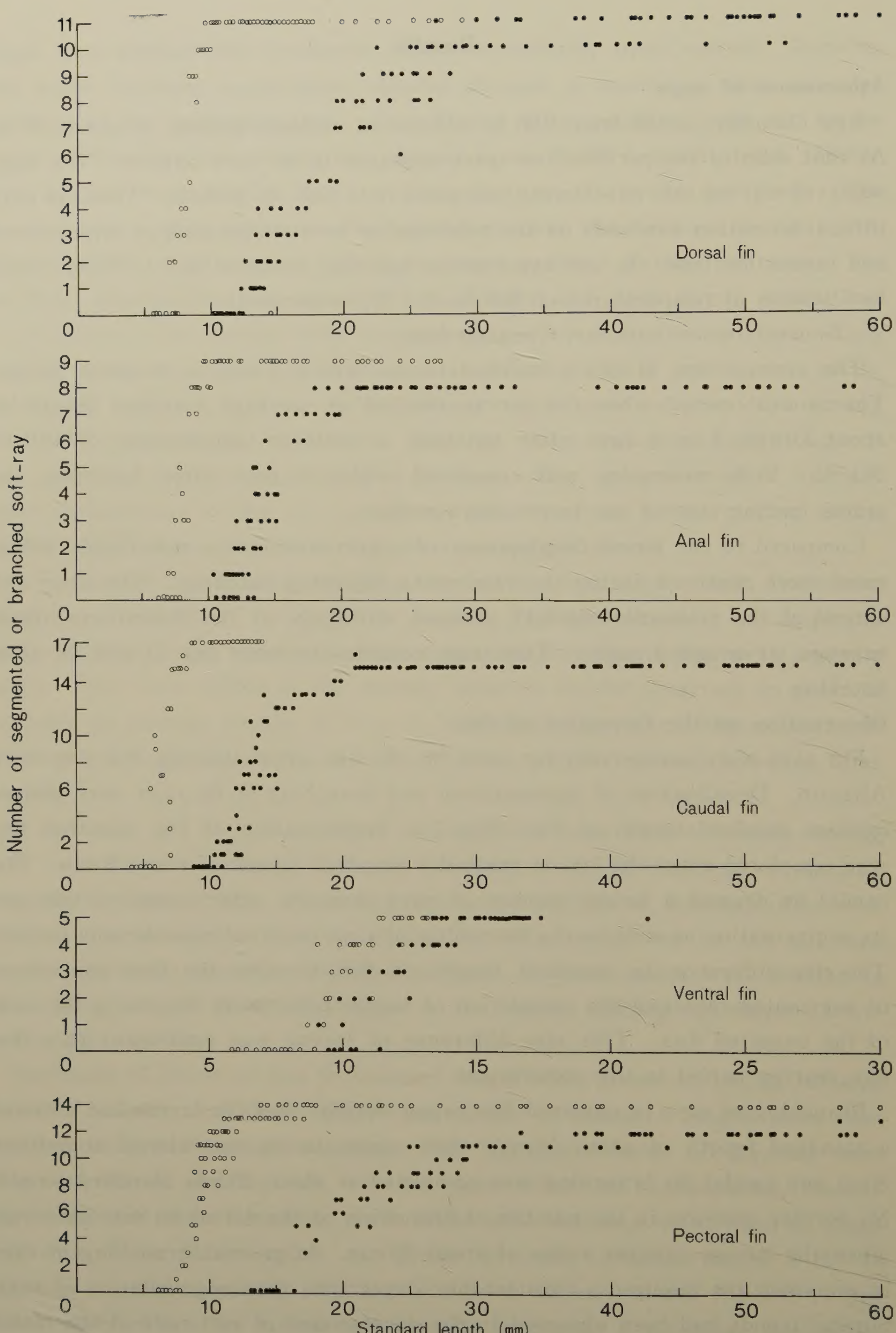


Fig. 1. Segmentation (open circles) and branching (closed circles) of fin ray in laboratory-reared specimen of kurodai, *Mylio macrocephalus*.

standard length. In specimens of 18.0 to 27.5 mm in standard length either 9 or 8 soft rays were observed, whereas in specimens larger than 28.0 mm standard length only 8 soft rays had been counted in the anal fin.

The segmentation and branching of the soft rays in the pectoral fin levelled off to a constant number when the fish reached about 30 mm in standard length. Development of ventral fins was peculiar in that the branching occurred almost concurrently with segmentation within a narrow range of fish size (9-12 mm standard length), whereas in the other fins branching occurred distinctly later than segmentation (Fig. 1). Thus, the development of the ventral fin was completed considerably earlier than that of the others.

Developmental changes in the primordial fin-fold were similar to those of the madai, the entire fin-fold was replaced by the respective unpaired fins at the transitional phase from post-larva to juvenile when the larva attained 8-10 mm in standard length. At the same time, the hind margin of the caudal fin changed rapidly from a rounded shape to a truncated form. This feature can be used for rough estimates on developmental stages (Table 1). The pectoral fins also changed their shape from a round to a triangular form. The initially

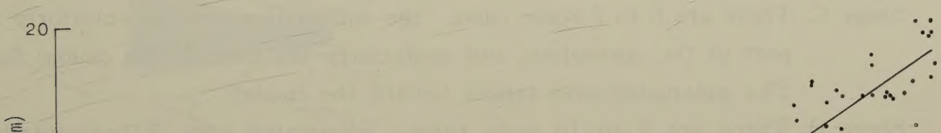


Fig. 2. *Mylio macrocephalus*. Length of pectoral (closed circles) and ventral fin (open circles) in relation to standard length. N= Number of observations; r=coefficient of correlation. Method employed to measure fin length see Fukuhara (1976 a).

triangular ventral fins appeared to be falcated.

Standard length of fish appeared to be positively correlated with pectoral and ventral fin length (r=0.994 and 0.990, respectively). Growth rates of both fins are similar up to a fish size of 15 mm standard length. In larger larvae, however, the growth rate of the ventral fin increases over that of the pectoral fin (Fig. 2).

Observations on scale formation

Squamation in kurodai may be divided into 7 stages (A-G). This is shown semidiagrammatically in Figure 3. Each stage was assigned by the two basic criteria: the number of rows of scales and the extend of body coverage of squamation. The characters of each stage was defined as follows:

Stage A, A few scales appear in the posterior portion of the trunk along the lateral line. No teeth are visible on the exposed portion of the scale.

Stage B, There are 4 scale rows and 3 teeth on each scale. Scale formation extends to each direction on the trunk, anteriorly reaching the posterior end of operculum, and posteriorly, the central portion of the peduncle.

Stage C, There are 6 to 7 scale rows. the squamation covers anteriorly a part of the operculum, and posteriorly the base of the caudal fin. The squamated area tapers toward the caudal.

Stage D, There are 9 to 10 scale rows. Squamated area is horizontally almost identical with stage C, but extends more dorso-ventrally. About one third of the lateral area of body on each side is covered with scales.

Stage E, There are 11 to 12 scale rows. Squamation reaches posteriorly to the hind end of the trunk. Two-thirds of the lateral area are squamated.

Stage F, Squamation is almost completed, leaving only the base of the dorsal and anal fin and abdominal portion uncovered.

Stage G, Fully squamated.

Figure 4 shows the distribution of these developmental stages in relation to standard length. The largest larva without scales was about 11.0 mm in standard length, whereas the first appearance of squamation was observed in specimens as small as 10.2 mm. In all specimens larger than 16 mm in standard length the squamation was always completed.

Measurements on scale size were done on 3 to 4 scales taken near the pectoral fin on the left side of the specimens. The mean length of scales are plotted against standard length in Figure 5. A straight line relationship is

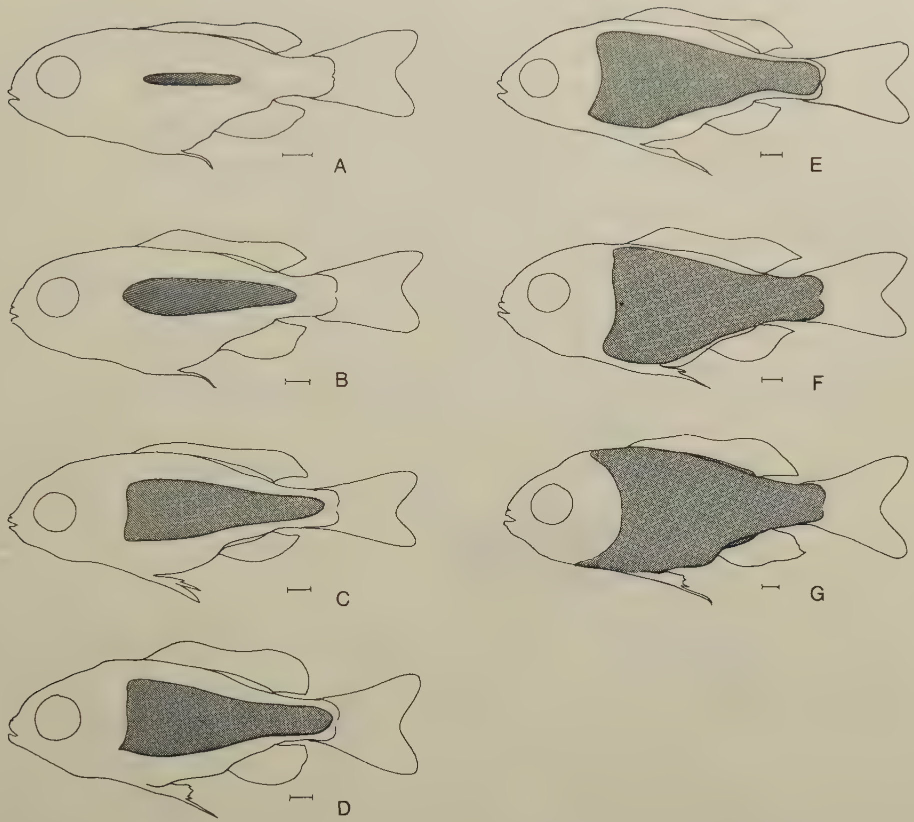


Fig. 3. Semidiagrammatic drawings of young kurodai, *Mylio macrocephalus*, at different stages of squamation, assigned by number of rows and extent of coverage of squamation. Scales denote 1 mm.

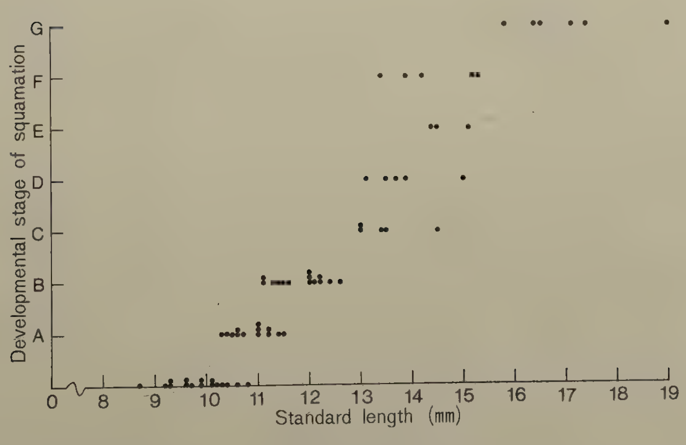


Fig. 4. *Mylio macrocephalus*. Relation between developmental stage of squamation and standard length; illustrations for A-G see Fig. 3.

obvious and may be expressed by the equation R=0.0296 SL−0.280 (r=0.990), where R and SL represent the scale length and standard length, respectively. The concentric lines drawn in the insert of Figure 5 indicate the developmental changes of the scale to final shape of a typical ctenoid scale. The scale assumed characteristics of a ctenoid when it reaches 0.5 mm in length. This scale length corresponds to a standard length of about 25 mm in juvenile fish. The number and size of teeth, grooves and ridges increased as the juvenile grew.

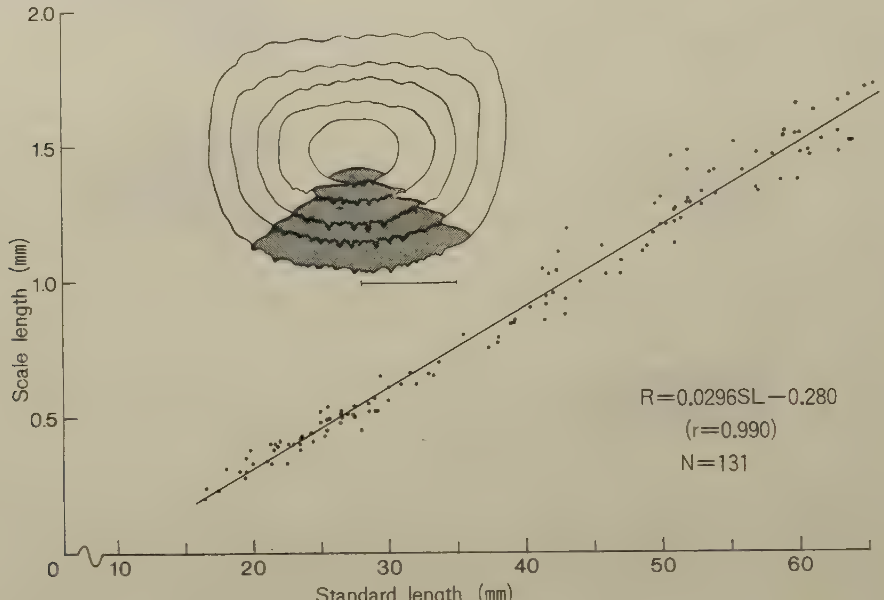


Fig. 5. *Mylio macrocephalus.* Relatioship between scale length (R) and standard length (SL). Insert: The concentric line drawings indicate developmental changes to the final rim of a typical ctenoid scale. The exposed portions are speckled. Scale denote 0.5 mm.

Observations on black stripe formation

A maximum of 7 to 8 transverse stripes are formed on each side of the body. They are most clearly to be distinguished in the late juvenile stage. Their sequence from first appearance to full development is shown semidiagrammatically in Figure 6 and photographically in Plate 1. The first stripe appeared dorsally at the anterior end of the trunk, and the formation proceeded posteriorly. Each stage shown in Figure 6 may be defined as follows:

Stage A, Melanophores are concentrated in the anterior base of the dorsal fin forming a transverse stripe, which tapers ventrally.

Stage B, The second stripe appears between the 4 th and 7 th spine of the

dorsal fin, and extends dorso-ventrally further than the first.

Stage C, The third stripe appears at the anterior position of the caudal region between the lst and 3 rd soft ray of the dorsal fin. This stripe covers the whole depth of the trunk extending posteriorly along the base of the anal fin.

Stage D, The fourth stripe appears between the first and second, and is narrower than the other stripes already present.

Stage E, The fifth stripe appears between the 8 th and 9 th spine of the dorsal fin. This is the last one formed on the trunk, and is as wide as the fourth.

Stage F, The sixth stripe appears at posterior end of the caudal peduncle. This is the second stripe in the caudal region and is continuous anteriorly with the third stripe along the ventral margin.

Stage G, The seventh (the third one in the caudal region) appears between

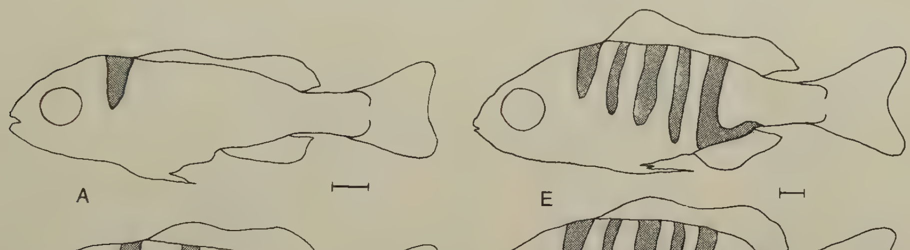


Fig. 6. *Mylio macrocephalus.* Semidiagrammatic drawings showing the developmental sequence of black stripes in kurodai reared in the laboratory. Each stage is defined according to the number of transverse stripes. Scales denote 1 mm.

the third one and the sixth stripe.

Stage H, The eight, stripe appears at the posterior end of the caudal region. All the stripes in the caudal region are connected along the ventral margin.

Figure 7 depicts the relation between stripe formation and standard length. The largest specimen without any stripe development was 11.0 mm and the smallest one on which first stripes occurred was about 9.0 mm in standard length. The development of stripes was completed in all the specimens examined when the larvae attained 25 mm in standard length.

In some specimens the number of stripes were not obvious owing to the development of melanophores between stripes. There were a few variations along the edges of the black stripes, In several case, the second stripe branched toward either the dorsal and ventral end, and in other case the fourth stripe branched toward its dorsal end.

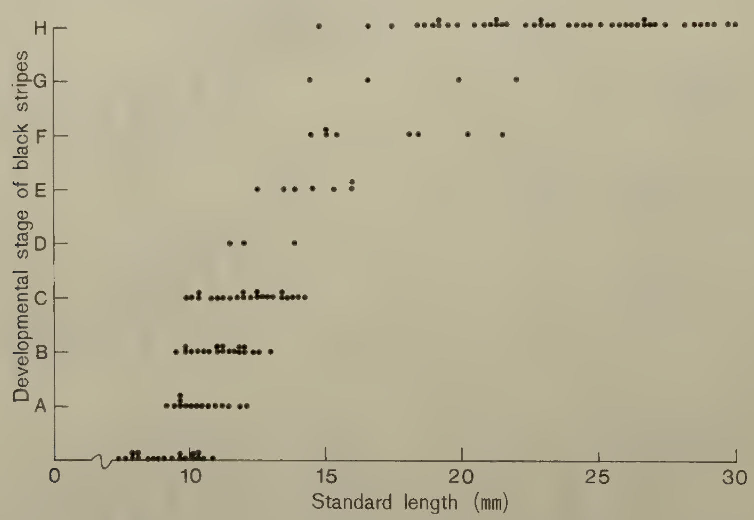


Fig. 7. Development of black stripes plotted against standard length. A – H identical to description of Fig. 6.

Growth and behaviour of reared larvae

Growth in standard length of reared larvae is shown in Figure 8. Number of measured larvae was less than 15 during the first 20 days of the experiment, therefore the standard error was not inserted into the figure.

The size of newly hatched larvae ranged from 2.20 to 2.35 mm in standard length. Due to their buoyancy they are concentrated near the surface and are at the mercy of water movement due to aeration. Active swimming was observed towards the end of yolk absorption, when the larvae attained about 4.0 mm in standard length. At this stage the larvae assumed flexed postures

of the body axis in S-shaped form before striking on any food organism, as has been observed in many other fish species (ROSENTHAL 1968,[7] BLAXTER and STAINES 1971[8])).

Metamorphosis occurred when the larvae reached a length of about 9.0 to 10.0 mm. Average growth increment during the rearing period for 100 days was 0.74 mm per day. The growth rate differs between the larva and the juvenile, attaining values of 0.25 mm per day in the former and 0.95 mm per day in the latter. Thus the growth rate during the juvenile stage, especially after attaining 30 mm in standard length was considerably larger than that during the larval stage.

Another striking changes in the behaviour was observed among the 4-week old larvae, in which about one-third of the total survivors stayed at the bottom of the rearing tank and a few other specimens swam near the bottom. The remaining larvae swam in the middle layer of the tank. Metamorphosed

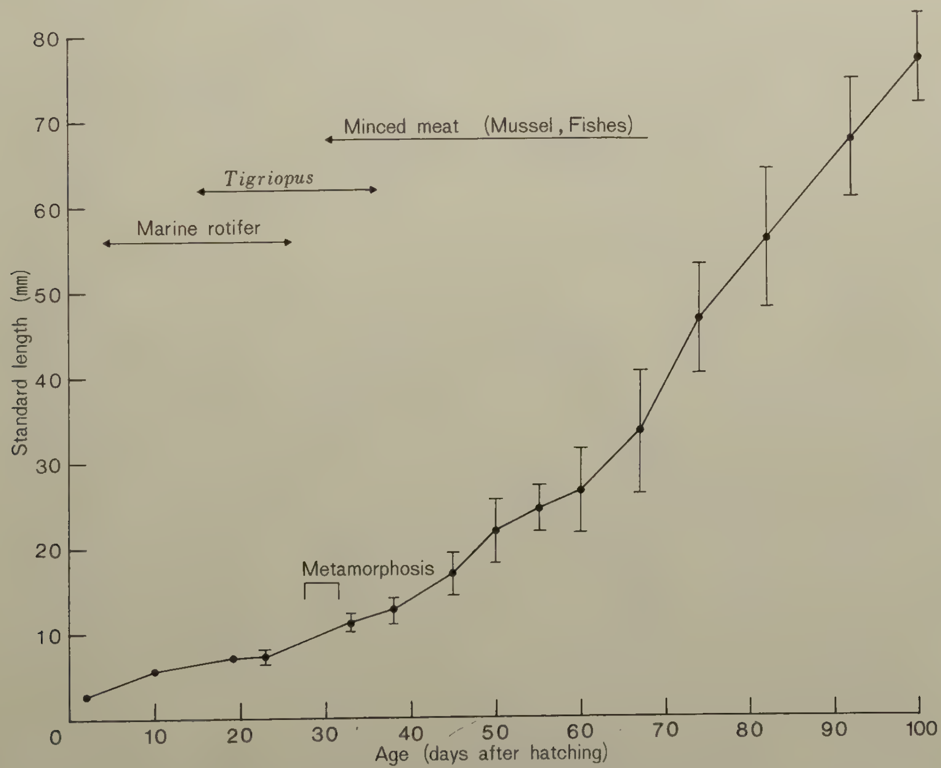


Fig. 8. Growth in length of larvae of kurodai, *Mylio macrocephalus*, reared under laboratory conditions. Vertical bars indicate standard errors. The feeding scheme is also shown. Points are the means of about 20 measurements.

juveniles reacted very sensitive to various stimuli such as noise and light. Aggressive and territorial behaviour was often observed among the survivors at this stage as has been described in madai (YAMAGISHI 1969[9]). No further striking changes in behaviour were observed during the rearing to fish up to 80 and 85 mm in standard length (100 days after hatching).

Discussion

The sequence of development in external characters of kurodai observed in this experiment summarized in Table 1. The horizontal bars indicate the range in length between the largest size of the larvae with undeveloped features and the smallest size of the larvae with fully developed features.

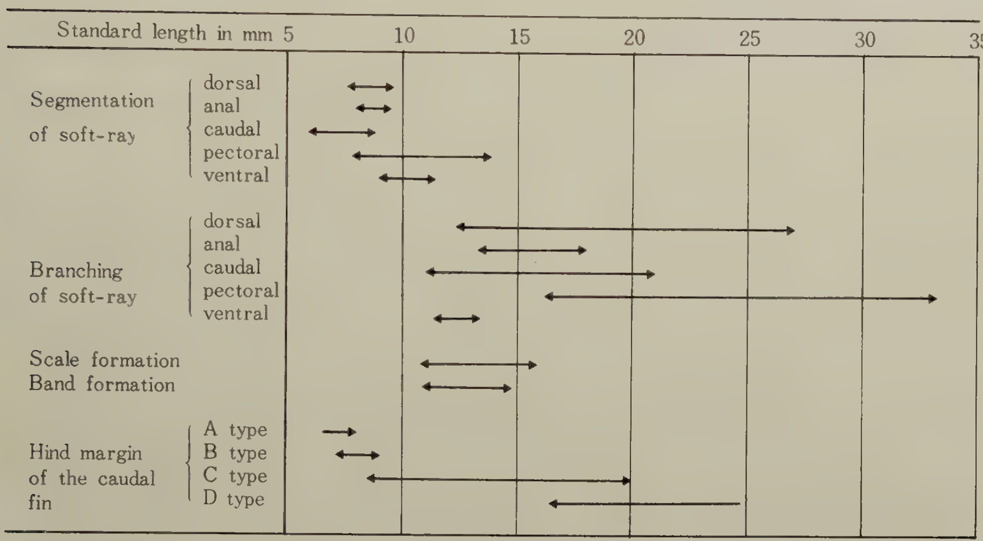
Segmentation in the unpaired fins tended to develop earlier than those in the paired fins. In the caudal fin the rays are segmented earlier than in other unpaired fins. The difference in timing of fin development seems to reflect their role in changing locomotion patterns and development of swimming behaviour. Unpaired fins are the primary organs of balancing and proplusion and the caudal fin plays a leading role in locomotion. As outlined by GOSLINE (1973)[10], the efficiency of the fins is provided by the flexibility and elasticity of the segmented rays. Therefore, it is reasonable to assume that the mode of behaviour of the early juvenile in which fin rays are segmented is fundamentally different from that of the larvae in which movement is effected by undulations of the tail only.

Branching of the rays developed later and required longer periods than segmentation, with the exception of the ventral fin in which both processes occur almost concurrently within less duration than in the other fins. Short period is required in ray development for the ventral fin and this seems to be due simple to the small number of rays. No information is available about the functional role of branching of fin rays.

According to UCHIDA *et al.* (1958)[3], segmentation of the caudal fin in the wild specimens appeared at 9.8 mm in total length, which is quite a similar size of the specimens reared in this experiment. Unfortunately, no descriptions are available on the developmental sequence of other fins and no data are reported about the branching in the wild larvae.

The smallest larva in which squamation started was about 10 mm in standard length (Fig. 4) and the largest larva with undeveloped features was 11.0 mm in standard length. The smallest larva with fully developed scales measured 16.0 mm in standard length. All juveniles larger than 16.0 mm had attained full squamation. It is generally accepted that the functional role of the scale is to protect the body surface from various external stimuli (KAWAMOTO 1956,[11]

Table 1. Length ranges of which respective meristic characters occurred in kurodai, *Mylio macrocephalus* during experimental rearing. Arrows depict to the left the largest size at which undeveloped condition were observed. The right end of the each arrow indicates the smallest size at which the fully developed condition was observed.



MATSUBARA *et al.* 1965[12]). The juveniles with full squamation can reasonably be assumed to have a better ability to adapt to a wider range of environmental conditions than before. In the wild specimens two or three scale rows were observed at the length of 14.1 mm and the completion of squamation at 18.0 mm in total length. These size are very well comparable to those of the larvae reared in this experiment.

The black stripe began to develop at nearly the same time as in the scale, but was completed later than the latter. Specimens as small as about 9.0 mm in standard length had some of the stripes. The stripe formation seemed to be completed in all the larvae larger than about 25 mm, although large variations between individuals had been observed. The main role of the stripes are generally believed to be in concealment and camouflage (LAGLER *et al.* 1962[13]), MATSUBARA *et al.* 1965[12]), therefore, the stripe formation seems largely to be related to habitat preferences of the larvae, as is the case in scale formation.

The marginal shape of the caudal fin showed a characteristic change until it assumed the final furcated shape. The development may be divided into 3 stages, though the duration of each stage varied greatly from one larvae to another. Major changes, however, were concentrated in most of the specimens

at or near the stage of about 8.0 mm in standard length. Since the shape of hind margin of the caudal fin was a useful index to estimate the stage of fin development as reported in the previous paper (FUKUHARA 1976a[5]), it may also be useful to predict the behaviour changes. Thus, the larvae with rounded tail swam undulated fashion in the upper layer of the rearing water. As the hind margin approached the final form, the juvenile swam in the lower layer with increased swimming speed and developed diverse behaviour patterns such as aggression and cannibalism. Comparable changes in swimming behaviour from undulating movements with high amplitude of the tail beat to those with low amplitude but increased net progress were described by ROSENTHAL (1968)[7] for herring larvae during the transitional stage between 18 and 25 mm in total length. At this stage fins were well developed. They played an important role in prey capturing manoeuvres. Therefore, it will be justified to conclude that the morphological changes are closely linked with the development of swimming and feeding behaviour.

Morphologically, development of the reared specimen was almost comparable to those of the wild fish described by UCHIDA *et. al.*, however, comparison of behaviour between the artificially reared specimen and the wild one needs further studies.

Acknowledgment

The author wishes to express his thanks to Dr. Sakaguchi and Dr. Kurata of the Nansei Regional Fisheries Research laboratory and Dr. Harald Rosenthal of the Biologische Anstalt Helgoland for their valuable advices and kindness in critical reading the manuscript. I thanks Mr. Fushimi of Hiroshima prefectural fisheries experimental station and Mr. Umezawa of the laboratory for their help in obtaining the experimental materials and statistical analysis of the collected data.

Summary

1. Morphometric development of fins, scales and black stripes during postembryonic stages are described and figured in detail.

2. Data are obtained from specimens reared in the laboratory (continuous water flow, ambient temperatures between 18.8 to 26.3 °C) from eggs to juvenile fish.

3. The sequence of development of each character is shown in Table 1.

4. Striking changes were observed within the size range from about 9 mm to 11 mm in standard length.

5. Development of unpaired fins was completed when the fish reached a

standard length of about 30 mm.

6. Scale development started at 10.2 mm standard length and full squamation of juveniles was attained at a size of 16.0 mm.

7. Occurrence and number of black stripes are described in relation to larval growth. A total of 8 stripes can be counted in juveniles of 25 mm standard length.

8. Branching of rays of unpaired fins as well as the formation of the final shape of the caudal fin margin rapidly assumed the characters of adult fish.

9. It is suggested from observations made during this rearing experiment, that the development of behaviour in larvae and juveniles is closely linked to the development of morphological characters such as fins, scales and transeverse bands.

References

1) Seno, H., 1912: Kurodai no hatsusei. Zoological Magazine **24** (282), 195-197.

2) Kishinouye, K., 1915: Tai rui no hatsusei oyobi seicho. Suisan Gakai Hou. **1** (3), 185-199.

3) Uchida, K., S. Imai, S. Mito, S. Fujita, M. Ueno, Y. Shojima, T. Senta, M. Tahuku and Y. Dotu, 1958: Studies on the eggs, larvae and juveniles of Japanese fish. Kyushu Univ. Fac. Agric. Fish. Dep. Second Lab. Fish. Biol. Ser. 1., 89 pp+86 pls.

4) Mito, S., 1963: Pelagic fish eggs from Japanese water-III. Percina. Japan J. Ichthyol. **11** (1-2), 39-64.

5) Fukuhaka, O., 1976 a: Morphological studies of larvae of red sea bream-I. Formation of fins. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. 9, 1-11.

6) Fukuhara, O., 1976 b: Morphological studies of larvae of red sea bream-II. Early development of squamation. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. 9, 12-18.

7) Rosenthal, H., 1968: Untersuchungen über das Beutefangverhalten bei Larven des Herings Clupea harengus. Marine Biology. **3** (3), 208-221. (In German with English summary)

8) Blaxter, J. H. S. and M. Staines, 1971: Food searching potential in marine fish larvae. 467-485. In D. J. Crisp (ed.). Fourth European marine biology smposium. Cambridge University Press.

9) Yamagishi, H. 1969: Postembryonal growth and its variability of the three marine fishes with special reference to the mechanism of growth variation in fishes. Researches on Population Ecology., **11** (1), 14-33.

10) Gosline, W. A., 1973: Functional morphology and classification of teleostean fishes. vii+208 pp., The University Press of Hawaii.

11) Kawamoto, N., 1956: Fish Physiology. First edition, iii+319 pp., Ishizaki shoten, Tokyo.

12) Matsubara, K., A. Ochiai and T. Iwai, 1965: Ichthyology Part 1. 342 pp., Kouseisha Kouseikaku, Tokyo.

13) Lagler, K. F., J. E. Bardach and R. R. Miller, 1962: Ichthyology. xiii+545 pp., Jhon

Wiley and Sons Inc. New York.

クロダイ稚仔魚の二，三の形態について

福 原 修

クロダイ幼期の各発育段階における形態的特性を知るため，室内で人工飼育した標本を用いて鰭，鱗，斑紋などの器官の発達経過を観察した。計測形質と器官発達の点からみると体長範囲9～11mmの期間を境として形態的に大きな変化がみられ，次の発育段階に達することが明らかとなった。この時期には，観察した諸器官がたがいに関連しながら発達し，行動にも変化がみられることから器官の発達と行動様式が密接に関連していることがうかがわれた。

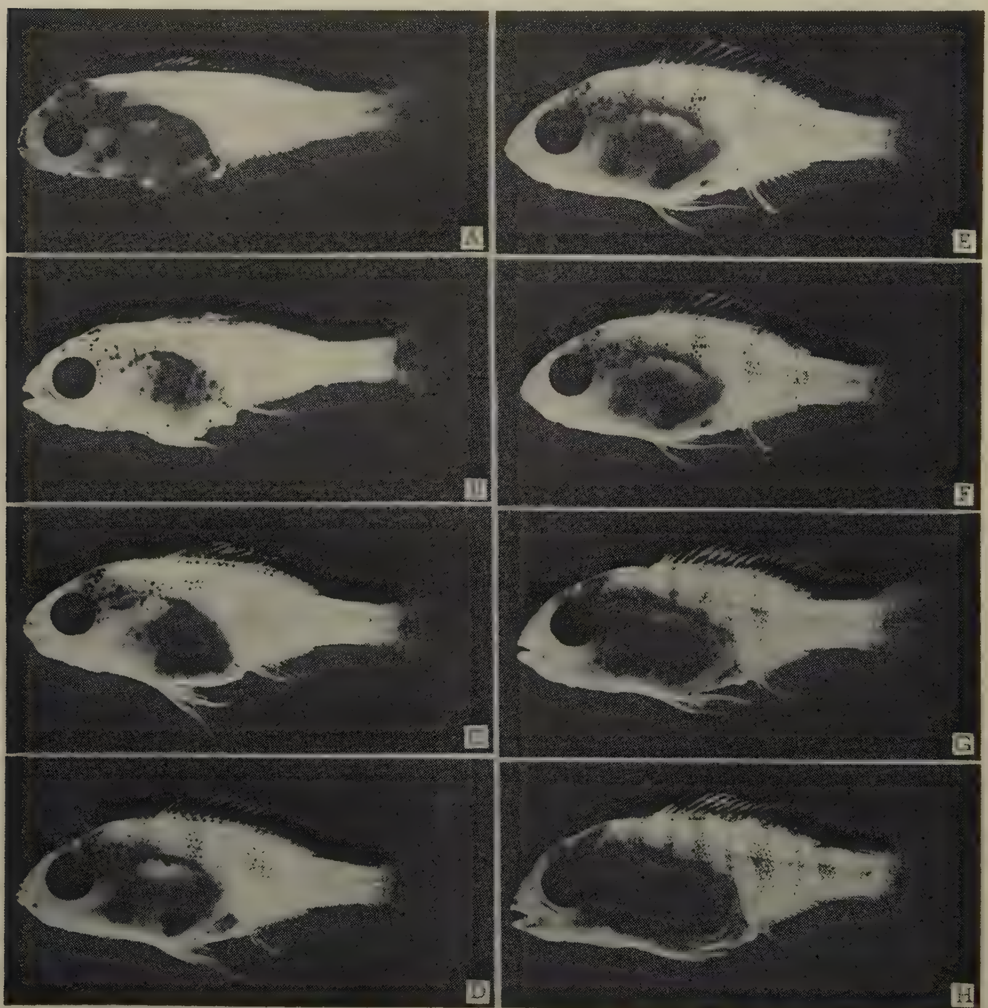


Plate 1. Photographs showing the black stripe formation of the reared kurodai, *Mylio macrocephalus*, under laboratory conditions.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 17～32 (1977)

紀伊水道域におけるベントス群集について

多 毛 類 を 中 心 と し て

玉 井 恭 一 ・ 永 田 樹 三

Benthos Communities of Kii-Channel with Special Reference to Polychaetes

Kyōichi TAMAI and Kizō NAGATA

A survey of the bottom deposits and benthic animals was made in the area of Kii-Channel in June 12-13, 1976. Quantitative samples were obtained once at each station with 0.1m^2 Smith-McIntyre bottom sampler. These samples were washed through 1.0mm mesh, and then fixed with formalin soluton.

Deduced from the relationship between mud content (percentage of the particles which are smaller than 63μ in diameter) and the amount of total nitrogen, the bottom of Kii-Channel can be divided into five areas.

Numerical methods for determining distribution patterns are used on all records of polychaetes, which are the most dominant animal group in each of biomass, number of individuals and number of species. As a result, five benthos communities are also recognized in the area.

The division based on the qualities of the bottom agrees fairly well with that of benthos communities.

Each of benthos communities has the interesting characteristics of polychaete fauna in biomass, number of individuals, number of species, polychaete species, and so on.

ベントスは底魚類の餌生物として重要な地位を占めており，また海域における海洋環境，特に底質環境をよく反映した分布を示すといわれている。即ち，ベントスは底質環境の変化に伴ってその分布パターンを変え，それらを摂餌している生物群にも大きな影響を及ぼすと考えられる。ベントスと環境との対応を的確に捕えておくことの必要性の一つがここにある。ところで，ベントスの分布はしばしば群集という形で捕えられ，わが国においても各地の内湾で多くのベントス群集型が認められているが，近年新たに類似度指数を用い，数量的に群集を区分しようという試みがなされるようになってきた[1]。筆者らは最近紀伊水道のベントス調査を実施し，底質およびベントスの一般的な分布傾向をみるとともに，多毛類を用いた類似度指数による数量的解析から本海域におけるベントス群集の区分を行い，底質環境との対応関係を調べたのでここに報告したい。

最後に数回にわたり多毛類の同定について御指導を頂いた国立科学博物館の今島実博士，ベントス関係の文献収集の際お世話頂いた東海水研の北森良之介博士に謹んで感謝の意を表します。また本論文を通読され懇篤なる指導と校閲の労をとられた南西水研海洋部長近藤正人氏に謝意を表します。さらに，本調査に際し

1977年6月3日受理　南西海区水産研究所業績66号

て御協力頂いたしらふじ丸の小滝船長以下乗組員の方々に感謝の意を表します。また粒度分析については当研究室の吉本淳氏を煩わしたことを付記し，謝意を表します。

方　　　法

1976年6月12～13日の両日，Fig. 1. に示した紀伊水道内の22点で，Smith-McIntyre 型採泥器（採泥面積0.1㎡）により1地点あたり1回の採泥を実施した。6月は一般にベントス相の豊富な時期にあたっている。採泥後直ちに測温，さらにCN分析用，硫化物分析用，及び粒度組成分析用として表面から2～3㎝層までの泥70～80gを採取し，凍結保存した。採集した泥は船上で1㎜目の篩によって篩別し，篩上に残ったものすべてをホルマリンで固定，保存した。サンプルは，研究室に持ち帰った後，生物を選別し，湿重量，個体数の測定と種の同定を行った。全炭素含量及び全窒素含量は柳本MT－500型CNコーダーで，また硫化物はヘドロテックS型検知管で測定した。粒度分析は砂質部ではフルイ法（Iida testing sieve使用）を，泥質部では Stokes の法則にもとづくピペット法をそれぞれ用いて行った。なお分析は試料中の特に粒径の大きな粒子以外は除くことなく実施した。

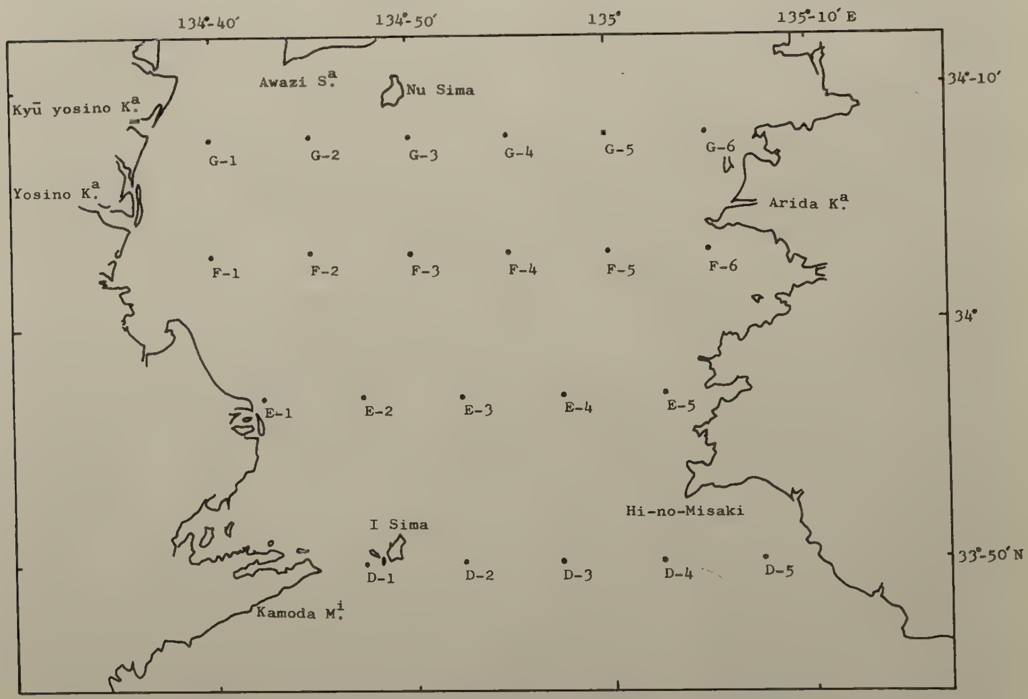


Fig. 1. Location of the sampling stations at Kii-Channel.

結　　　果

紀伊水道域は西を四国，北を淡路島，そして東を紀伊半島によって囲まれ，また南側は外海に向って開き黒潮と接している。当海域は徳島県蒲生田岬と和歌山県日ノ御埼を結ぶ線を通して外海系水との交換が行われ，一方，鳴門海峡によって播磨灘と，友ヶ島水道(紀淡海峡)によって大阪湾とそれぞれ連絡し，海水の交換が行われており，内海域と外海域の中間的な性格を帯びている。水道西側には吉野川河口域を中心に比較的浅い海域が広がっている。主な流入河川としては四国側では吉野川，旧吉野川，那賀川など，本土側では

紀ノ川，有田川などがある。特に，吉野川の流量はかなり大きく，低塩分な沿岸水の発達を助長している。

1. 底質環境

水深，泥温，全硫化物含量，全炭素含量，全窒素含量および泥率を Table 1. に示した。泥温は大略水道中央深部で16～17℃，50m以浅域では18℃台を示すことが多く，水深にほぼ対応して変化している。全硫化物はSt. D－5，St. F－1，2，6，およびSt. G－1，2，6で検出され，特にSt. F－1では0.155mg/g dry mud とやや高い値を記録した。全炭素含量は多くの地点で10～20mg/g dry mudであった。St.D－1，2，4で値が高かったのは底質中に貝殻片を多く含んでいたためである。有機物量のひとつの指標と考えられる全窒素含量は水道南側の St. D－1～5，St. E－3～5で0.6mg/g dry mud以下，その他の地点ではすべてそれ以上の値を示している。なお，最低値は蒲生田岬と伊島の間に位置するSt.D－1の0.16 mg/g dry mud，最高値は吉野川河口に比較的近い St. F－1の1.31mg/g dry mud であった。粒度分析の結果は，泥率――4 ϕ（直径0.063mm）以下の泥の重量百分率――として表現した。それによると，泥率50％以下の地点はSt. D－1～5，St. E－3～5，St. F－4，St. G－4の10地点であり，水道南側および水道中央部において底質が比較的粗いということがわかる。一方，水道西側の浅い海域ではSt. G－1を除きすべて70％以上の値を示している。最低値および最高値はいずれも全窒素含量の場合と同様 St. D－1（5％）とSt. F－1（93％）で記録された。

Table 1. Data of depth, temperature of deposits and bottom natures by station.

St.		Depth (m)	Temp. of deposits (°C)	Total sulfide (mg/g dry mud)	Total carbon (mg/g dry mud)	Total nitrogen (mg/g dry mud)	Mud content (%)
D	1	42	18.9		>75.1	0.16	5
	2	86	16.4		35.9	0.38	22
	3	70	18.7		17.2	0.55	15
	4	58	17.8		29.5	0.40	20
	5	38	18.7	+	14.1	0.41	34
E	1	36	18.6		13.5	1.07	87
	2	53	17.1		11.7	0.99	86
	3	68	16.9		11.6	0.58	40
	4	67	16.9		11.2	0.51	30
	5	58	18.4		17.9	0.47	26
F	1	27	18.3	0.155	18.4	1.31	93
	2	42	18.2	0.006	11.9	1.03	76
	3	54	17.2		9.2	0.78	85
	4	68	16.9		9.1	0.68	45
	5	68	17.2		13.1	0.89	51
	6	46	18.3	0.006	10.1	0.65	56
G	1	20	18.0	0.005	8.3	0.63	58
	2	36	18.5	0.026	11.6	1.06	78
	3	53	17.8		8.7	0.70	73
	4	65	17.1		9.4	0.69	33
	5	66	17.5		13.3	0.87	57
	6	41	18.3	0.003	12.2	0.81	55

ここで底質環境としてとりあげたいくつかの因子は全炭素含量を除きすべて相互に密接な関係をもっている。泥温は水深の増加とともに低下するという浅海域における夏季一般の傾向を表わしている。全硫化物含量，全窒素含量，泥率はともに浅い海域で高い値を，また深い海域で低い値をとる傾向がみられる。全炭素含量は貝殻片の混入により値が大きく左右されるので，底質環境の一つとしてとりあげるには全有機炭素含量を併せて求めることが適当であろう。

紀伊水道のようにある程度限定された海域内では，各地点間での水深や泥温の違いはさほど大きくなく，それらが直接ベントスの分布を規定しているとは考えにくい。また全硫化物含量は0.5mg/g dry mud を越えるとベントス群集構造に影響が現われる[2)3)] といわれているが，今回の調査では最高値で 0.155mg/g dry mudであり，もしなんらかの影響があったとしてもその程度は軽いであろうと予想される。 よってここでは底質の総合的な指標であり，水の動きの強さを反映するといわれている粒度組成と，有機物量の一つの目安である全窒素含量とをとりあげ，両者の関係を Fig. 2. に示した。底層における水の動きや泥中の有機物量はベントスの摂餌生態と関係し，その生息をかなり規定し得るであろう。 Fig. 2. に示されているように，泥率が高くなると全窒素含量も多くなるという正の相関が両者の間で認められた。 相関係数(r)は 0. 89であった。また紀伊水道内の22点はこの両者の関係から Fig. 2. に示した５つの区域に区分できるのではないかと思われる。即ち，Ⅰ区：St. D－１，Ⅱ区：St. D－２～５，St. E－４，５，Ⅲ区：St. E－３ St. F－４～６，St. G－１，４～６，Ⅳ区：St. E－１，２，St. F－２，３，St. G－２，３，そしてⅤ区：St. F－１の５区分である。この区分を地図上に表わしたのが Fig. 3 である。

Ⅰ区，St. D－１のみが属している。蒲生田岬と伊島の間に位置しており，底質はほとんど貝殻片からなっている。泥分はわずかしか含まれていない。 泥率は５％，全窒素含量は 0.16mg/g dry mud でいずれ

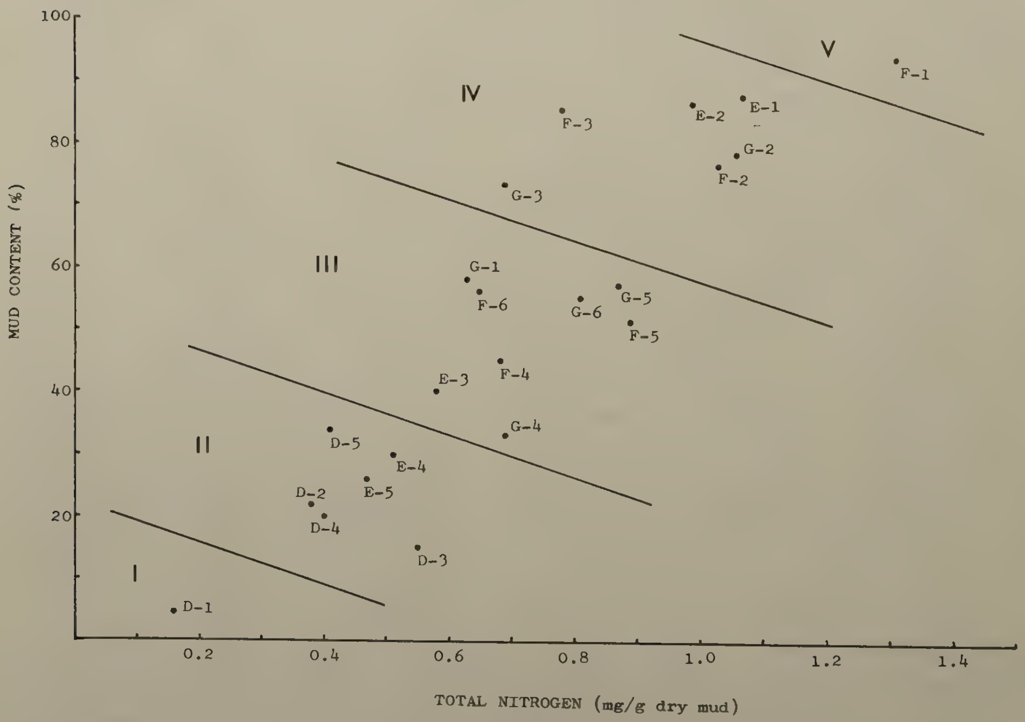


Fig. 2. The relationship between mud content and total nitrogen.
Station numbers are denoted by D–1～5, E–1～5, F–1～6 and G–1～6.
Roman numerals in the figure show the division of the area.

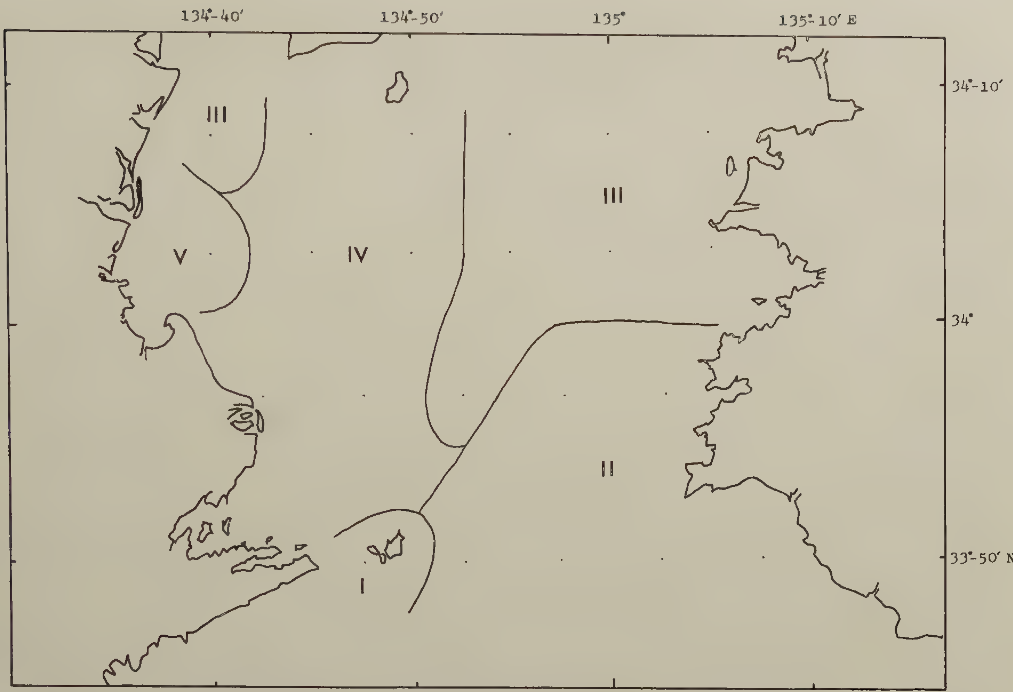


Fig. 3. The division of Kii-Channel area based on the relationship between mud content and total nitrogen. The marks I-V are refered to the Fig. 2.

も全地点中の最低を示している。

Ⅱ区，水道南東部の６点が含まれる。泥率，全窒素含量はそれぞれ15～34%，および 0.38～0.55mg/g dry mudである。Ⅰ区についで底質の粗い区域である。

Ⅲ区，主に水道中央部および北東部を占めている。旧吉野川河口沖合の St. G－1のみが他の７点と離れて位置している。泥率，全窒素含量はそれぞれ33～58%，および0.58～0.89mg/g dry mudで，いずれの値もⅠ，Ⅱ区のそれとはほとんど重ならない。

Ⅳ区，ほぼ水道西部域一帯に広がっている。泥率は73～87%でⅢ区と明確に区別されるが，全窒素含量については 0.70～1.07mg/g dry mud の範囲の値をとり，Ⅲ区との重なりがみられる。

Ⅴ区，吉野川河口沖合のSt. F－1のみからなる。泥率，全窒素含量はいずれも全地点中最高である（それぞれ93%，1.31mg/g dry mud)。河川によって運搬されたと思われる植物破片がかなり堆積しており，これが全窒素含量値の高かった原因のひとつであると考えられる。全硫化物含量は0.155mg/g dry mud とやや高い値を示した。

2. ベントス

まず，サンプルの有効性について検討を加えた。Smith-McIntyre 型採泥器は充分に機能した場合，採泥深度で約17cmである。本調査ではSt. D－3とSt. E－5で６cm，また，St. D－4で７cmの採泥深度であったが，他の19地点ではすべて10cm以上を記録した。ところでHolme[4]は表層15cm以内にほとんど大部分の個体が生息していると述べ，一方谷田・奥田は[5]は多くの生物は表層５cm以内に生息すると報告している。また，北森[6]はカーデラート法を用い，上層（８cm以浅）と下層に分けて採集した場合，種類数，個体数，重量とも上層でその大部分が得られると述べている。以上の点からみると，上記の３地点ではやや採泥深度が不足していると思われるが，ここで扱っている比較的小型のマクロベントスについては，定量的にほ

ぼ満足できる結果を与えるものと期待される。

次に多毛類による紀伊水道域の群集区分を行った。紀伊水道域におけるベントス群集の区分を行うにあたって，２地点間の群集の類似性の程度を示す類似度指数として木元[7)8)]の Cπ 指数を適用し，ベントス群集の区分を数量的に扱うことを試みた。Cπ は次式で求められる。

$$C\pi=\frac{2\sum_{i=1}^{S} n_{1i}\cdot n_{2i}}{(\Sigma\pi_1^2+\Sigma\pi_2^2)N_1\cdot N_2}\qquad 0\leqq C\pi\leqq 1$$

$$\Sigma\pi_1^2=\frac{\sum_{i=1}^{S} n_{1i}^2}{N_1^2}\qquad \Sigma\pi_2^2=\frac{\sum_{i=1}^{S} n_{2i}^2}{N_2^2}$$

ただし，N_1，N_2は第１組及び第２組におけるサンプル総数であり，n_{1i}，n_{2i} はそれぞれの組における第 i 番目の区分に属するサンプル数，Sは区分の組数である。

今回の調査で1436個体，95種（ただし未確定種を含む）の多毛類が採集された。多毛類はベントス全体の約70％の個体数比率を占めている（Table 2.)。10個体以上採集された種類についてはTable 3.に示した。採集されたすべての多毛類をもとに Cπ 指数を計算し，類似マトリックスの形で表示したのが Table 4. である。Cπ 値は２つの群集が全く等しい場合には１を，また共通種を１種も含まない場合には０となる。即ち，Cπ値はその値が大きい程２つの群集間の類似性が高いということを表わしている。

Table 2. Weight (excluding animals heavier than 0.5g) and number of individuals per m^2 by animal group. Percent compositions are indicated in parentheses.

Animal group	Weight g/m^2		No. of individuals No./m^2	
Total	13.70		915	
Polychaeta	8.12	(59.3)	653	(71.4)
Crustacea	1.42	(10.4)	56	(6.1)
Echinodermata	1.65	(12.0)	21	(2.3)
Mollusca	0.73	(5.3)	15	(1.7)
Others	1.78	(13.0)	170	(18.5)

さらにTable 4.をわかりやすくするために，dendrogram（分岐図表）の形で整理したのがFig. 4.である。dendrogramの作成方法にはいくつかあるが[8)]，ここでは平均連結法のひとつである Mountford 法[9)]を使って計算を行った。本法はマトリックスの中で最も高い数値を示す群をまず選び，ついで残りの群集と最初に形成された群との間の類似度指数を改めて計算，その中から再び最も高い数値の群を選び出すという作業を繰り返してゆくものである。一般に新しく計算しなおされるA_1……Am群集とB_1……Bn群集との間の類似度指数(Ｉ)は

$$I(A_1\cdots\cdots Am\,;\,B_1\cdots\cdots Bn)=\frac{1}{mn}\{I(A_1B_1)+\cdots\cdots I(A_1Bn)+\cdots\cdots I(AmBn)\}$$

で表わされる。

Fig. 4. に示した dendrogram からSt. D－1は最も独立性が高く，また St. F－1も他の地点とかなり異なった群集構造をしていることがわかる。St. D－2～5，St. E－4，5は類似度指数0.590のレベルで一つの群を形成し，同様に St. F－2，4～6，St. G－4～6は同指数0.606で別の群を構成してい

Table 3. List of polychaete species with the number≧10 individuals in total.

Species	D					E					F						G						Total
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Syllis (Langerhansia) sp.	13		4	1	3																		21
Glycera sp.	16	3	3	2	5	1	2	2	2	1	4	1				1	2	1	2		1		49
Goniada sp.		5		1	3	2			4					1									16
Onuphis sp.		10	3																				13
Lumbrineris sp.		10	10	5	15				4	1	1				3	1	1						51
Polydora sp.			6	2	2				1	3													14
Spiophanes cirrata		3	4						5														12
Spio sp.			1	2	6			1															10
Prionospio malmgreni		53	25	32	27			3	18	26					2					5	1		192
Aricidea neosuecica nipponica		10	19	5	8			1	17	1						1							62
Ampharete sp.		9	5	2	6				3														25
Amaeana sp.	1	2	4	3																			10
Terebellides stroemi			4	15	13										2	1							35
Nicolea sp.			21	5																			26
Prionospio ehlersi			4	1	6	30	17	9	8	3	9	2	3	1	2	1	8		2	3	7	3	119
Ammotrypane aulogaster		1			1	6	34	9	22	4		13	6	2	2	5	2	25	16	6	4	18	176
Capitellidae sp. A.						2	4	4			1	8		4	8	8		1	1	10	7	10	68
Sternaspis scutata						3					4					1	6	2				1	17
Cossura coasta		1								1	22											1	25
Heteromastus sp.						1					9												10
Sigambra tentaculata			2	1	3	4	3			3		3			1							1	21
Nephtys (Nephtys) paradoxa		1	1		5		1	1	3		2		1		1		1		2			1	20
Paralacydonia paradoxa japonica	1	1	7	1		11	2	6	6		2	3	2			3	15		4			5	69
Glycinde sp.			4	3	5				1		8	1	1				1						24
Poecilochaetus tropicus		1	1	1	1	2	1	1	3						8	2					2		23
Notomastus sp.		5	8	3	7	3		2	6					1			1			1	2		39
Capitella capitata froridana		1		3	3	2	1			1	2									1			14
Capitellidae sp. B.		1			6			2	7	2					13	5				4	1		41

Table 4. Initial trellis diagram using Kimoto's C_{π} index of similarity.

St.		D					E					F						G					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
D	1		0.050	0.132	0.069	0.147	0.038	0.039	0.123	0.051	0.027	0.116	0.054	0.013	0.000	0.044	0.082	0.119	0.022	0.087	0.000	0.069	0.010
	2			0.643	0.812	0.712	0.025	0.021	0.228	0.578	0.879	0.021	0.020	0.021	0.042	0.158	0.061	0.036	0.015	0.026	0.352	0.114	0.019
	3				0.713	0.699	0.129	0.045	0.264	0.617	0.483	0.077	0.048	0.078	0.044	0.133	0.121	0.170	0.002	0.041	0.210	0.130	0.041
	4					0.828	0.039	0.024	0.214	0.549	0.739	0.049	0.020	0.026	0.023	0.175	0.077	0.052	0.002	0.012	0.303	0.101	0.012
	5						0.147	0.084	0.307	0.602	0.585	0.118	0.058	0.096	0.073	0.310	0.171	0.107	0.019	0.050	0.310	0.195	0.037
E	1							0.589	0.750	0.326	0.142	0.349	0.373	0.601	0.343	0.175	0.282	0.717	0.167	0.351	0.326	0.688	0.389
	2								0.751	0.508	0.189	0.158	0.844	0.901	0.546	0.198	0.471	0.333	0.815	0.906	0.542	0.654	0.863
	3									0.687	0.330	0.246	0.704	0.793	0.556	0.392	0.656	0.660	0.432	0.639	0.668	0.787	0.720
	4										0.520	0.098	0.455	0.537	0.282	0.324	0.444	0.274	0.359	0.471	0.496	0.408	0.463
	5											0.045	0.158	0.162	0.084	0.193	0.111	0.074	0.134	0.153	0.451	0.217	0.144
F	1												0.100	0.198	0.096	0.085	0.099	0.287	0.017	0.078	0.103	0.311	0.087
	2													0.755	0.779	0.326	0.716	0.307	0.742	0.843	0.732	0.974	0.977
	3														0.417	0.144	0.433	0.493	0.598	0.852	0.435	0.532	0.790
	4															0.411	0.717	0.146	0.411	0.463	0.830	0.818	0.767
	5																0.769	0.079	0.099	0.139	0.634	0.535	0.301
	6																	0.324	0.346	0.460	0.816	0.699	0.709
G	1																		0.122	0.353	0.145	0.328	0.356
	2																			0.917	0.382	0.317	0.778
	3																				0.450	0.430	0.883
	4																					0.816	0.717
	5																						0.663
	6																						

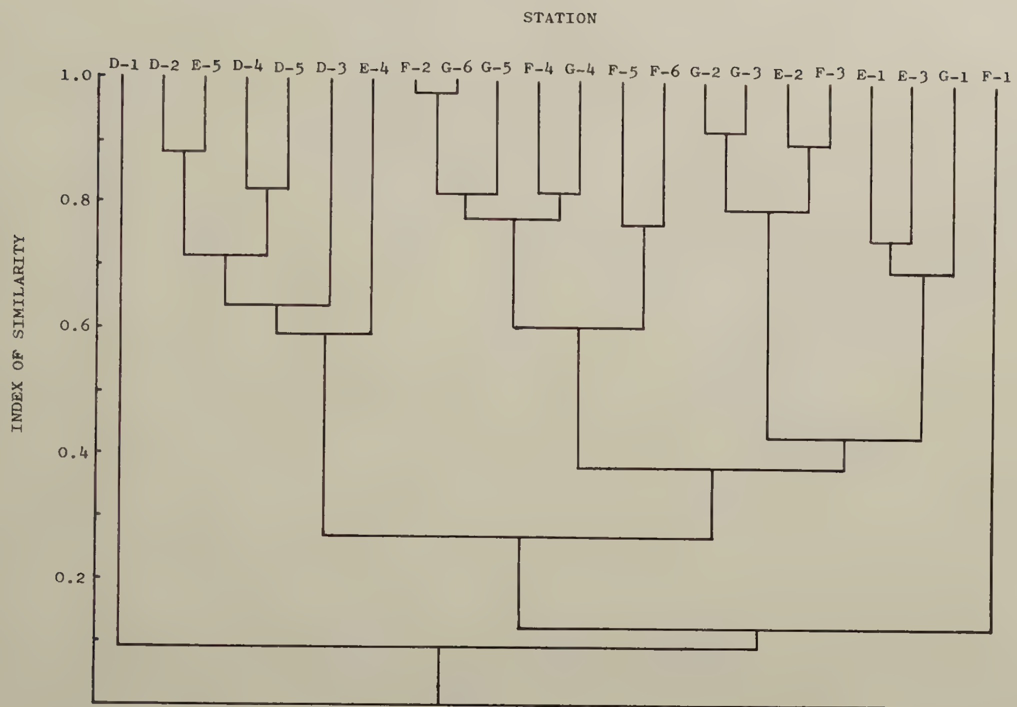


Fig. 4. Dendrogram formed by the Kimoto's CΠ index and average-linkage method.

Table 5. The frequency of appearance by CΠ index between the two polychaete samples obtained at a certain station in Beppu-Bay (July 1976).

Cπ index	No. of stations
0.9−1.0	6
0.8−0.9	7
0.7−0.8	3
0.6−0.7	10
0.5−0.6	3
0.4−0.5	1
0.3−0.4	1
0.2−0.3	2
0.1−0.2	0
0.0−0.1	1
	(4)*
Total	38

* Number of stations which it was impossible to caliculate the CΠ index for obtaining no polychaetes.

る。また St. E−2，St. F−3，St. G−2，3は0.793で，St. E−1，3，St. G−1は0.689でそれぞれ群を形成，さらにこの両群は0.434の類似度指数レベルで一つにまとまってる。

ここで一つのまとまったベントス群集としてみなすことができるCΠ値は最低どの程度であるかが問題となろう。その値のおよその見当をつけるために，1976年7月別府湾で実施した調査の資料に基づいて，同一地点で2回採泥を行った場合の両サンプル間のCΠ指数を多毛類について計算した結果を Table 5. に示した。それによると，同一地点での採集サンプル間の計算結果であるにもかかわらず，かなり低い値を示している地点が若干みられるが，多毛類が採集されず同指数の計算が不可能であった4地点を除いて考えてみると，約85％にあたる29地点で0.500以上のCΠ値を示している。ここでは0.500に若干の余裕をみて，仮にCΠ指数0.400を群集とみなうる最低基準と考えたが，この値についてはなお検討を要しよう。

紀伊水道域の群集区分を前述の基準に沿って行

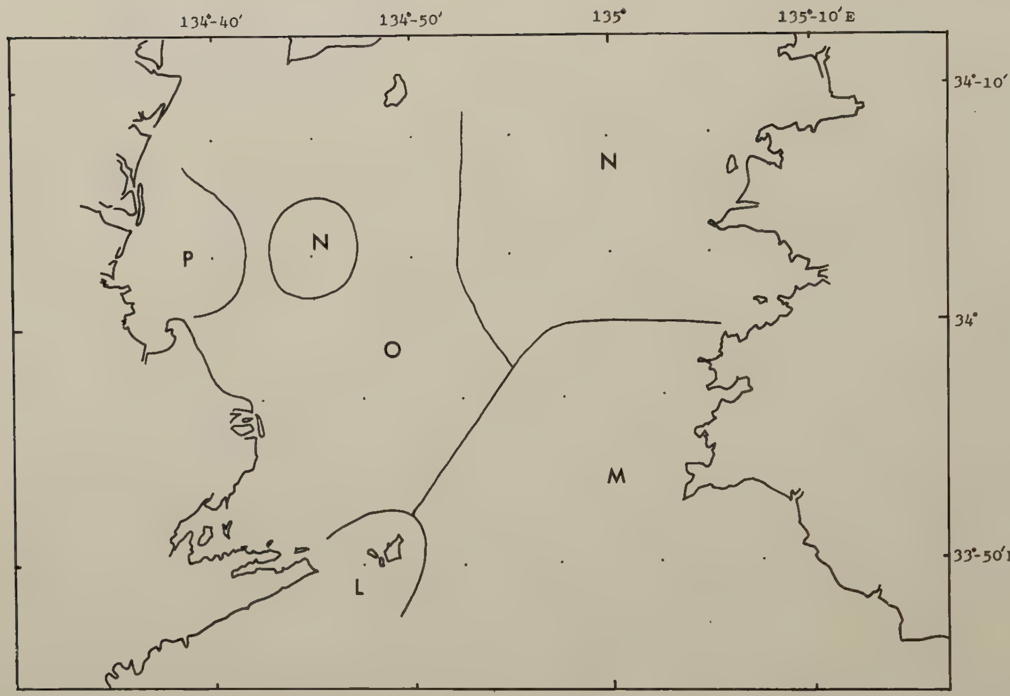


Fig. 5. The division of Kii-Channel area based on the cluster analysis of polychaetes. L-P in the figure show the division of the benthos communities.

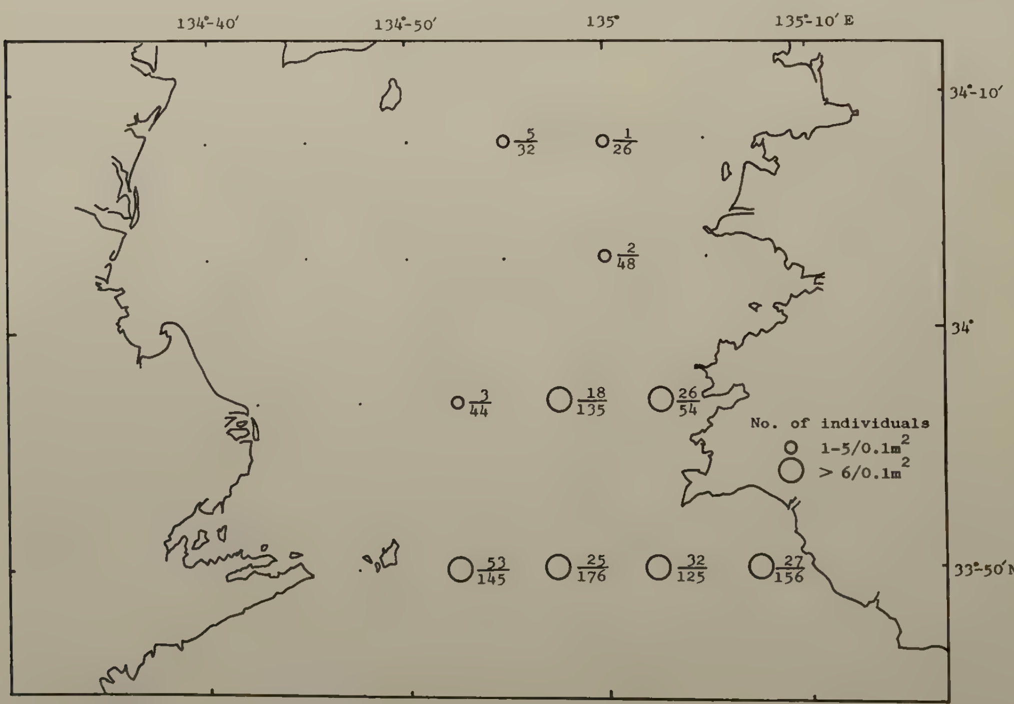
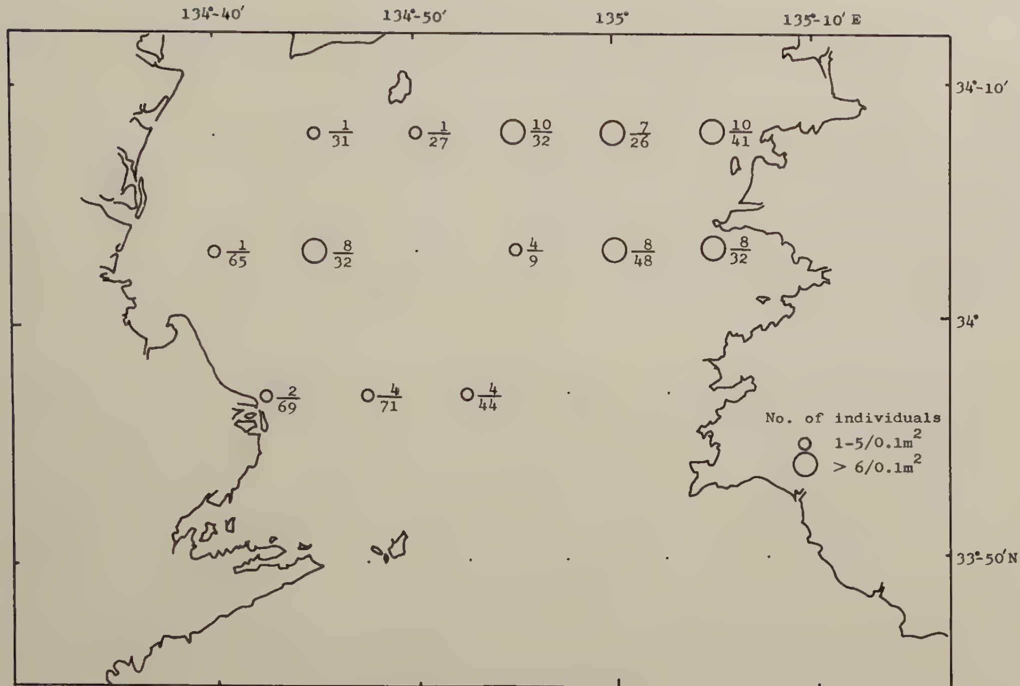
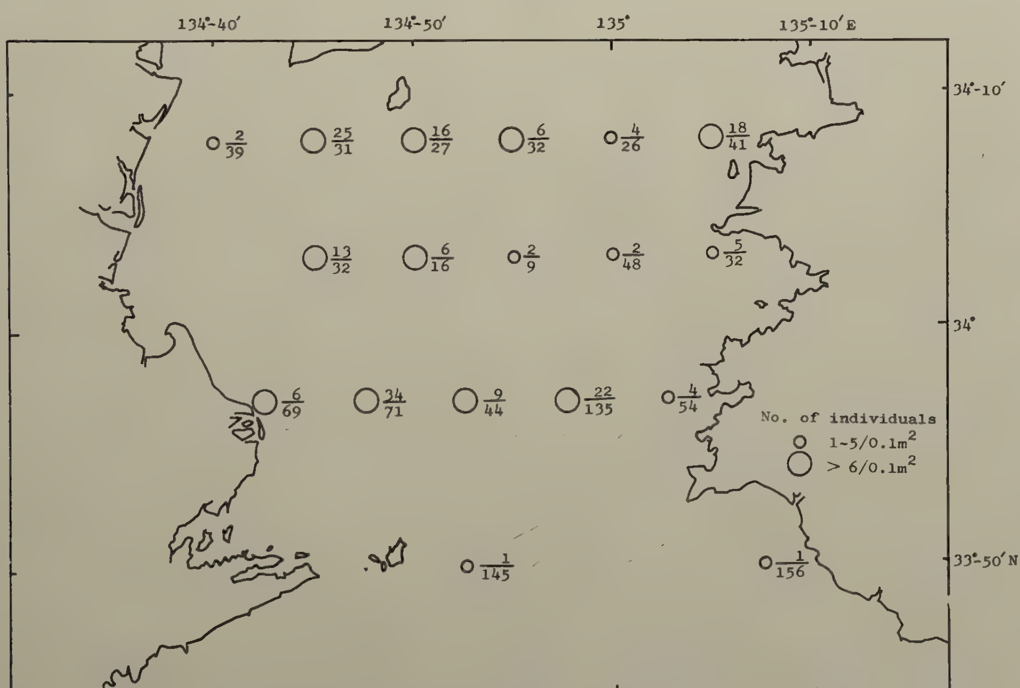


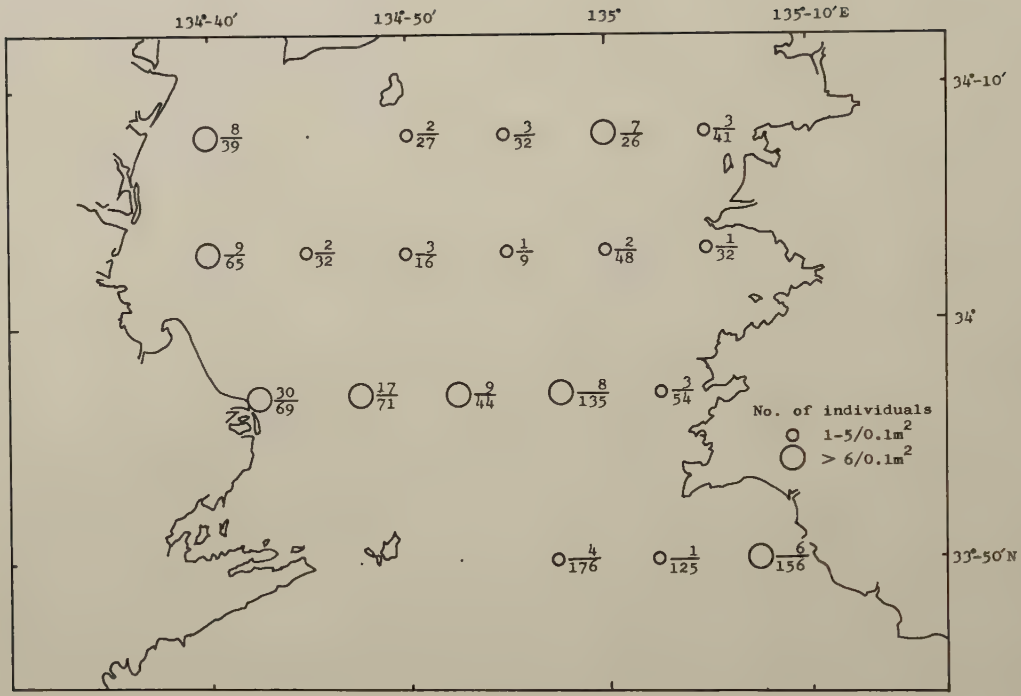
Fig. 6. The distribution patterns of some polychaetes.
The numerator : number of individuals of the species refered.
The denominator : total number of polychaetes.
a) *Prionospio malmgreni*



b) Capitellidae sp.A.



c) *Ammotrypane aulogaster*



d) *Prionospio ehlersi*.

Table 6. The relationship between the division of area based on the cluster analysis of polychaetes and that on the nature of sediments.

	L	M	N	O	P
I	D—1				
II		D—2, 3, 4, 5 E—4, 5			
III			F—4, 5, 6 G—4, 5, 6	E—3 G—1	
IV			F—2	E—1, 2 F—3 G—2, 3	
V					F—1

うと，次の５群集区（L，M，N，O，P）に区分できる。即ち，L区：St. D－1，M区：St. D－2～5 St. E－4，5，N区：St. F－2，4～6，St. G－4～6，O区：St. E－1～3，St. F－3，St. G－1～3，P区：St. F－1の５区分である。これを地図上に示したのが Fig. 5. である。また，Table 6. には底質環境からの海域区分との対応関係を示した。Fig. 3. と Fig. 5. との比較，および Table 6. からわかるように，$C\pi$ 指数を用いた多毛類の群分析結果と底質環境面からみた海域区分の結果はかなりよい一致をみせる。特に，L，M，P区とⅠ，Ⅱ，Ⅴ区とは完全に一致している。また，N区とⅢ区，O区とⅣ区についても大略対応しているが，St. E－3，St. F－2，St. G－1の各地点では両者の区分結果に相異がみられる。底質環境面からの区分であるⅢ，Ⅳ区はさきに述べたように幾分重なっており，またN区とO区は$C\pi$ 値0.382という比較的高い値で一つのグループとしてまとまることを考えれば，いくつかの地点が相互に入れ変わることも当然考えられる。

次に多毛類からみた各ベントス群集区の特徴を述べてみたい。

L区は St. D－1の１地点のみから構成されている。他の群集区とは大きく異なる多毛類組成を示している。*Syllis* spp., *Phyllodoce* sp., *Glycera* sp. といった游在目（Errantia*）に属する種が80％以上を占めている。他の４区については游在目は15～25％程度を占めるにすぎない。*Pseudeurythoe* sp., *Pision* sp., *Spiophanes bombyx*, *Armandia* sp. などL区にのみ出現する種類も多く，本群集区の独立性の高いことを示している。

M区は６地点から構成されている。この区に特徴的かつ優占的な多毛類はSpionidaeに属する *Prionospio malmgreni* である（Fig. 6. a）。図中，分母の数字は多毛類の採集個体を，また，分子の数字は *P. malmgerni* の個体数をそれぞれ示している。本種は192個体が採集され，そのうち181個体がM区から得られた。*Scalibregma inflatum*, *Melinna* sp. は本区のみに，*Aricidea neosuecica nipponica* も62個体中60個体が本区で採集されるなど，この区を特徴づける種類は豊富である。

N区およびO区はそれぞれ７地点から成る。この両区は dendrogram からもわかるように互いにかなり密接な関係にあり，両区の明確な区別は困難である。ただ Capitellidae sp.A.** (Fig. 6. b) については，採集個体68個体のうち１個体を除いたすべてが両区で得られ，そのうち55個体がN区で採集されており，この点がN区をO区と区別する一つのポイントとなっている。また *Ammotrypane aulogaster* と *Prionospio ehlersi* (Fig. 6 c, d)はともに両区のほとんどすべての地点に出現し，かつ個体数も豊富であるが，他区ではこれらの種は比較的低い個体数比率を示している。*P. ehlersi* はM区で優占的な種であった *P. malmgreni* と同属であり，ともに典型的な堆積物食の種類であると考えられるにもかかわらず，両種の生息域がかなり異なっている点で注目される。*Sternaspis scutata* は17個体が採集され，うち13個体がN，O両区で得られた。L，M区では全く採集されていない。

P区には St. F－1の１地点のみが属する。*Cossura coasta* は採集個体25個体中22個体が，*Heteromastus* sp. は同じく10個体中９個体がそれぞれ本区から得られ，一方N，O両区で普遍的にみられた *A. aulogaster* が採集されなかった点でかなり特徴ある区であるといえよう。北森[6]によれば，*Cossura coasta* の分布域は一般に河口域であり，河川からの流入物が堆積すると思われる地点であるとしているが，既に述べたようにP区では河川の運搬物と考えられる植物破片がみられ，このような環境条件が本種の生息を許していると思われる。

Table 7. にL～P各区別の多毛類の現存量，個体数，種類数および平均個体重を示した。M区は現存量が大きく，個体数，種類数とも豊富で，小型個体が多い。一方N，O両区は現存量が小さく，個体数はM区の⅓～¼，種類数も⅓以下であるが，個体としては比較的大型のものが多い。このようにM区で小型個体が多

＊　多毛類（Polychaeta）は游在目（Errantia）と定在目（Sedentaria）の２目に大きく分けられる。游在目は一般に移動生活を営む。定在目は棲管を作りその中に棲むものが多いが，中には自由移動性のものもみられる。

＊＊　属名は不明。胸部はP＋（８C＋３H/O＋６C＋４H）で表わされる。即ち，囲口節には剛毛を欠き，第１剛毛節背側は毛状剛毛を有するが，腹側には剛毛束を欠く。第２～７剛毛束は背腹ともに毛状剛毛。第８剛毛節では背側に毛状剛毛，腹側に鉤状剛毛。第９～11剛毛節では背腹ともに鉤状剛毛を有する。鰓は存在しない。

Table 7. Some data of polychaetes by region.

Region	Weight* (g/m²)	No. of individuals (No./m²)	No. of species/St.	Mean individual weight (mg)
L	5.75	630	21.0	9.13
M	11.93	1318	33.7	9.05
N	5.53	314	10.0	17.60
O	7.63	424	10.4	17.98
P	9.25	650	12.0	14.23
Mean	8.12	653	17.2	12.45

* Animals heavier than 0.5g are excluded.

いのは小型種の比率が高いことと，同一種でもM区ではN，O両区より小型である傾向がみられるためである。たとえば *Paralacydonia paradoxa japonica* や *Sigambra tentaculata* などはM区よりN，O両区で大きい。L区はM区に次いで種類数が豊富で，M区と同様小型個体が多い。P区はおおむねN，O両区と同傾向を示した。

考　察

紀伊水道域は底質環境の区分が比較的明瞭で，ベントス群集との対応関係を研究するのに都合のよいフィールドを提供している。本研究では，当海域の区分を底質環境とベントス（多毛類）の2つの面から独立に行い，両者の関係をみようとしたものである。

従来，群集の区分は，現存量，個体数，種類数，指標種，Biotic index，各動物群の編組比率，多様度指数などを用い総合的に行うことが多かったが,[10)11)12)13)14)15)16)] ここでは群集を数量的に解析し区分することを試みた。実際に区分を行うにあたって，主観的な要素がはいることをなるべく避け，できる限り客観的な観点からその群集構造を捕えることを目的とした。

類似度指数として木元の Cπ index を採用したが，この指数は両群集のすべての種についてその群集内で占める割合をも考慮に入れた相互の比較ができる点で優れており，特に群集間の相異がいくつかの種類の在，不在によってではなく，むしろそれらの種の生息密度の相対的な差異によって生じているような場合に有利な指数であると考えられる。本調査におけるN区とO区の区別には同指数のこのような特徴が生されているといえよう。

さらに dendrogram の形にまとめることにより，群集の全体像の把握が容易になり，また単なる群集区分だけではなく，各地点間，各群集間の親疎の程度をも同時に把握することができる。L区，P区の独立性高いこと，M区，N区はともに群集区としてのまとまりはよいがN区はM区に比較して独立性が低いこと，O区は2つのやや異なるグループから成ることなどを容易に知ることができる。

Dayら[1)]は類似度の指標として Czekanowski 係数を，dendrogram の作成方法として平均連結法を用い，North Carolina の大陸棚上のベントスを研究した。彼等はこの方法により海岸線から200m等深線に至る transect 上の10点が水深に沿った4つの動物群集区に分れることを認めた。

底質とベントス群集との関連性については多くの研究者により研究がなされている。たとえばSanders[17)]はベントスの摂餌型と粒度組成との関係を述べ，Southward[18)]も底質環境と多毛類の分布が密接に関係していることを報告している。紀伊水道域においても両者の関係は密接であり，水道南部域から水道内部へのベントス（多毛類）の変化と対応した底質の変化が明瞭に認められた。ただ種々の環境因子は互いに関連し平行的に変化することが多く，いずれが真の規定因子であるのかを区別することはかなり難かしい。矢島・

土屋[19]は底質環境とベントスの相互関係を実験的に調べ，特に酸化還元電位差で表わされるところの底土中への透水速度が（究極的には流速が）動物相を左右すると述べている。

底質環境と現存量との関連について，SANDERS[17]はベントス，中でも特に内生動物の現存量は粒度組成との関係が大きく，シルトー粘土分が13～25％のところで最も高い値をとり，それ以下の場合も，以上の場合もいずれも現存量は減少すると述べている。本調査で多毛類——代表的な内生生物の一つであるが——の現存量が最も豊富であったのは泥率が15～34％を示すM区（Ⅱ区）であり（Table 7.），SANDERS の結果とほぼ一致している。

以上いくつかの点について若干の検討を加えたが，海洋におけるベントスの多くはその生活史に不明な点が多く，環境との対応や群集構造を動的，立体的に捕えることが難しい。今後さらにいくつかの重要種について食性や生活史を順次明らかにしていくことが基本的に必要であると考えている。

摘　　　　要

1）1976年6月12～13日，紀伊水道域の底質およびベントスの調査を行った。採泥は Smith-McIntyre 型採泥器（採泥面積0.1㎡）により1地点あたり1回，生物は1㎜目のフルイで選別した。

2）底質環境のうち粒度組成と全窒素含量との関係から，紀伊水道域を大きく5つの区域に区分することができた。

3）一方ベントスの中でも重量，個体数，種類数ともに最も大きな部分を占める多毛類について数量的な解析による群分析を行い，同じく当海域に5つの群集区を認めた。

4）底質環境に基づく区分とベントス群集区分とはかなりよい一致を示した。

5）各ベントス群集区にはそれぞれ特有の，あるいは優占的な多毛類が生息しており，さらに現存量，個体数，種類数などについても各区に特徴がみられた。

文　　　　献

1）DAY, J. H., J. G. FIELD, & M. P. MONTGOMERY, 1971 : The use of numerical methods to determine the distribution of the benthic fauna across the continental shelf of North Carolina. J. Anim. Ecol., 40, 93–125.

2）長崎県水産試験場，1971：長崎湾および周辺漁場環境保全基礎調査報告.

3）日本生態学会環境問題専門委員会編，1975：環境と生物指標2——水界編——. 初版，xviii＋310pp.，共立出版

4）HOLME, N. A., 1953 : The biomass of the bottom fauna in the English Channel off Plymouth. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 32, 1–49.

5）谷田専治・奥田泰造，1958：松島湾の水産資源に関する基礎研究，第7報，底棲動物の垂直分布とその季節遷移. 東北水研報告，11，112—126.

6）北森良之介，1963：瀬戸内海とその近接水域の沿岸における底生動物群集の漁場学的研究. 内水研報告，21，1—90.

7）KIMOTO, S., 1967 : Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. Esakia, 6, 27–54.

8）木元新作，1976：動物群集研究法Ⅰ——多様性と種類組成——. 初版，iv＋192pp.，共立出版.

9）DAVIS, B. N. K., 1963 : A study of micro-arthropod communities in mineral soils near Corby, Northants. J. Anim. Ecol., 32, 49–71.

10）MIYADI, D., 1940 : Marine benthic communities of the Osaka-wan. J. Oceanogr., 12(2), 1–15.

11) ————, 1940 : Marine benthic communities of the Tanabe-wan. Annot. Zool. Japon., **19** (2), 136–148.

12) ————, 1941 : Marine benthic communities of the Beppu-wan. Mem. Imp. Mar. obs., **7** (4), 483–502.

13) ————, 1941 : Marine benthic communities of the Ise-wan and the Mikawa-wan. ibid, **7** (4), 503–524.

14) 北森良之介，1969：東京・大阪・伊勢湾の水質汚濁と底生動物．水処理技術，10(8)，15—22.

15) ————・杉野俊郎・沢田俊彦，1970：伊勢湾の底質と底生動物．伊勢湾奥部漁業開発調査報告書資料集Ⅰ，5—40.

16) ————，1973：博多湾の底生動物相について．福岡水試研究報告（昭和46年度），95—105.

17) Sanders, H. L., 1956 : Oceanography of Long Island Sound, 1952–1954. X. The biology of marine bottom communities. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., **15**, 345–414.

18) Southward, E. C., 1957 : The distribution of Polychaeta in offshore deposits in the Irish sea. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **36**, 49–75.

19) 矢島孝昭・土屋誠，1975：干潟における底生動物と環境の相互関係に関する実験的研究．蒲生干潟の環境保全に関する基礎的研究（宮城県），95—111.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10), 33～52 (1977)

紀伊水道域における海況の短期変動に関する研究

山　田　　久・坂　本　久　雄・久　岡　　実

Short Period Fluctuation of the Oceanographic Condition in the Kii Strait.

Hisashi YAMADA, Hisao SAKAMOTO and Minoru HISAOKA

The marine environment in the strait area is influenced by the strength of oceanographic conditions of the outside water masses of the strait. In the Kii Strait, it is supposed that the oceanographic conditions are also affected by the movements of water mass originating from the Seto Inland Sea, Pacific Ocean and rivers. The Seto Inland Sea is polluted or eutrophicated today, and the occurrence of red tide is occasionally observed at the western part of the Kii Strait where the polluted inland sea water flows in. In this case, it is necessary firstly to clean up the Seto inland sea and secondly to clariry the distribution of water masses and the temporary fluctuating oceanographic conditions by making the surveys at the Kii Strait area. The object of this paper, therefore, is to determine the location of water masses in the Kii Strait area, and to discuss the area influenced by the water flowing in from the Seto Inland Sea. The temporary fluctuation of the oceanographic conditions is also discussed by relating to the tidal current.

The two oceanographic surveys carried out: 11th-16th, Nov., 1973 and 13th-22nd, June, 1974. Four research vessels were engaged in the survey and the observations were repeated six times at high tide in the first survey and three times at low tide in the second at each station. The data obtained in the two surveys are summarized in the five items bellow.

1. The inland sea water deriving from Harima Nada, Osaka Bay and the rivers were located in the western part of the Kii Strait. On the other hand, the oceanic water occupied the eastern part of the Kii Strait. The inflows of the oceanic water were also observed at the western and the central part in the off of the Kii Strait, and the latter inflow was predominant.

2. The low salinity of 26‰ was observed in the western part of the strait in June, 1974 when the survey was carried out after a rainfall. It was caused by the water which flowed out from the rivers.

3. The transparency was low, and DIN and the content of chrolophyll a were high in the low salinity water mass at the western part mentioned above.

4. The observed salinity and DIN at the low and high tide show that the oceanic

---

1977年６月15日受理　南西海区水産研究所業績67号

water was distributed more to the northern area at high tide than at low tide. At low tide, the inland sea water was observed at the central part of the strait. It is obvious from the vertical distribution of salinity and DIN at the various vertical sections along the south-north line that the oceanic water flowed into the strait in the bottom layer, and the inland sea water flowed out the upper layer.

5. The distribution of salinity and DIN fluctuated daily even in the short period surveys. Viewing the temporary fluctuation of this distribution pattern, it is concluded that the variation of marine environments in the Kii Strait result mainly from the tidal current.

一般に水道域は異なる水塊が混合し海洋構造が複雑に変化する。海域環境の変化はいくつかの水塊の消長に左右されている。瀬戸内海と太平洋を結ぶ紀伊水道も例外ではない。

紀伊水道の隣接海域の内海（大阪湾，播磨灘）では，汚染，富栄養化が著しく進行しており，その影響は紀伊水道にも波及し，水道域でもしばしば赤潮の発生が観察される。そこで，内海の汚染の浄化機構の解明のためのみならず，水道域の水質汚染の対策のためにも水道域での内海系水の影響範囲，外海系水の流入，混合の実態，さらに，短期的な海洋構造の変化を明らかにすることは重要である。すでに，紀伊水道の海況に関しては詳細な報告があるが[1)2)]本研究では，紀伊水道及び隣接海域での水塊の配置，海況の短期変動を潮汐との関連において考察した。さらに，全無機態チッソ（以下ＤＩＮと略す）と塩分の分布から内海系水の影響範囲等についても検討したので報告する。

本研究は科学技術庁，特別研究促進調整費による紀伊水道に関する総合研究[3)]の一環として行ったものである。

本研究をまとめるにあたって御指導，校閲していただいた近藤正人海洋部長，内海資源部長，多々良薫博士並びに海洋部，漁場保全研究室長，村上彰男博士に深謝する。また，試料採集に御協力して下さった南西海区水産研究所，和歌山，徳島両県水産試験場の調査員各位，しらふじ丸，こたか丸（南西海区水産研究所所属），とくしま（徳島県水産試験場所属），きい（和歌山県水産試験場所属）の各調査船乗組員に感謝する。

調査および方法

調査

調査は２回行った。第１回は1973年11月11日～16日（月令16.0～21.0）の大潮から小潮に向う時の高潮時を中心に，第２回は1974年６月13日～22日（月令21.3～1.9）の小潮から大潮に向う時の低潮時を中心にそれぞれ Fig. 1. に示す観測点で観測した。水道域の調査は４隻の調査船でＤ．Ｅ．Ｆ．Ｇ．の各定線を同時に行い，1973年には各定線を１日１回，６日間連続して反復調査した。１日目には各定線の st. 1で，２日目には st. 2で３日目には st. 3で，４日目には st. 4で，５日目には st. 5で，６日目には st. 6でそれぞれ高潮時に観測できるように４隻の調査船を運航した。すなわち，第１回の調査では高潮時の海況の概要が把握できる。1974年には１日１回，３日間連続して反復調査した。毎回の観測で１観測点で低潮時に観測できるように４隻の調査船を運航した。すなわち，第２回の調査では低潮時の海況概要が把握できる。これらの調査の実施概要を Table 1. に示す。表中のアンダーラインは高潮時，低潮時における観測を示す。

試水はナンゼン転倒採水器で表層，10m，20m，30m，50mの各層および底層の基準層より採水した。クロロフィル測定用試料は，試水を採水後船上でガラス繊維沪紙（*Whatman GF/F*）を用いて沪過し，乾燥状態で−20℃で保存した。

水温は転倒温度計，透明度は直径30㎝のセッキー板を用いて測定した。

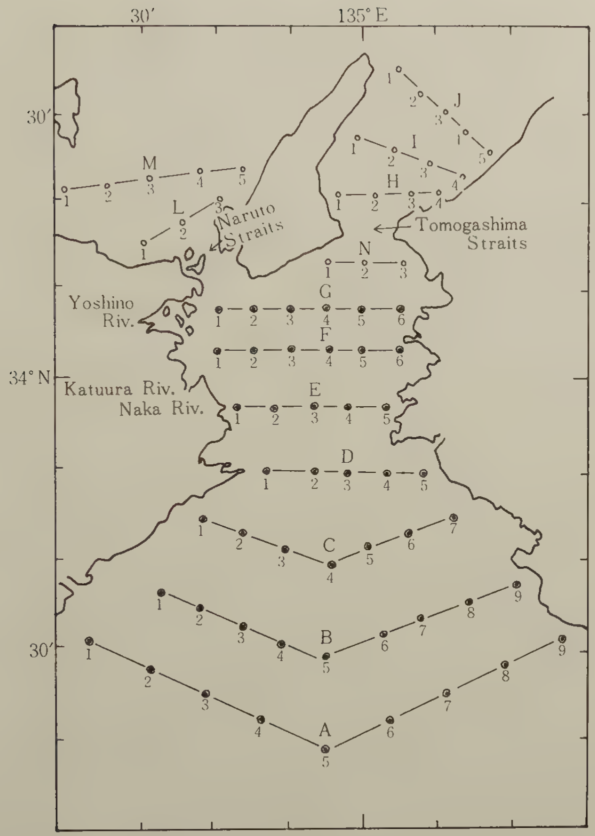


Fig. 1. The location of stations.
•; 11th-16th, Nov., 1973.
○; 13th-22nd, June, 1974.

分析方法

塩分：銀滴定法，サリノメーター

クロロフィル：分光光度法4)

栄養塩：採水後直ちに凍結保存した試水を解凍後，*Millipore HA* (*pore size* 0.45μ) 沪紙で沪過後，次の方法で分析した。

NH_4-Nは Indophenol 法，NO_2-N，NO_3-N，PO_4-Pは，Stricklond, J. D. H. and T. D. Parsons4) の方法に準拠し，テクニコン社製のオートアナライザーを使用して分析した。

COD：水質汚濁調査指針のチッ化ナトリウムを用いる方法5)で測定した。

Table 1. Date and time of oceanographic observations.

Year. Month	Date	Stations G						F						E					D				
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1973	11	—	—	—	—	—	—	09:22	10:20	11:05	11:59	12:45	13:36	09:15	09:58	10:58	11:33	12:11	09:20	10:02	10:39	11:18	11:55
	12	—	—	—	—	—	—	09:14	10:10	10:52	11:36	12:20	13:12	08:40	10:06	10:49	11:40	12:36	09:13	10:10	10:45	11:22	12:25
Nov.	13	08:51	09:45	10:37	11:45	12:33	13:16	08:52	09:55	10:58	11:45	12:37	13:37	09:06	09:42	10:42	11:30	12:07	09:37	10:19	10:50	11:38	12:22
	14	08:48	09:30	10:07	11:36	12:31	13:13	08:50	09:39	10:29	11:37	12:21	13:09	09:23	09:58	10:34	11:35	12:23	09:18	09:58	10:45	11:40	12:15
	15	09:17	09:58	10:33	11:25	12:15	13:05	09:01	09:50	10:34	11:18	12:20	13:07	09:33	10:06	10:41	11:16	12:17	09:29	10:05	10:42	11:20	12:20
	16	09:20	09:58	10:38	11:22	12:02	13:00	09:05	09:59	10:43	11:29	12:22	13:10	09:52	10:25	11:02	11:36	13:09	10:13	10:50	11:34	12:10	13:10
1974	19	09:45	10:30	11:19	12:10	12:55	13:38	09:25	10:40	11:38	12:32	13:24	14:22	11:05	11:46	12:27	13:06	13:45	11:10	11:50	12:31	13:15	13:56
June	20	09:39	10:18	10:56	11:54	12:48	13:44	08:47	09:44	10:33	12:02	13:04	14:06	10:20	10:50	12:08	12:50	13:30	10:23	11:03	12:10	12:52	13:35
	22	09:43	10:22	11:03	11:45	12:30	13:30	08:50	09:40	10:29	11:18	12:07	13:39	10:20	10:52	11:25	12:00	13:36	10:56	11:38	12:19	12:59	13:35

The underline means the surveys at low and high tide.

結 果 お よ び 考 察

海況の一般概要

1974年（第2回調査）の紀伊水道および隣接海域のT－Sダイアグラムを Fig. 2. に示す。この図より紀伊水道および隣接海域の水塊を次のように大きく区分できる。

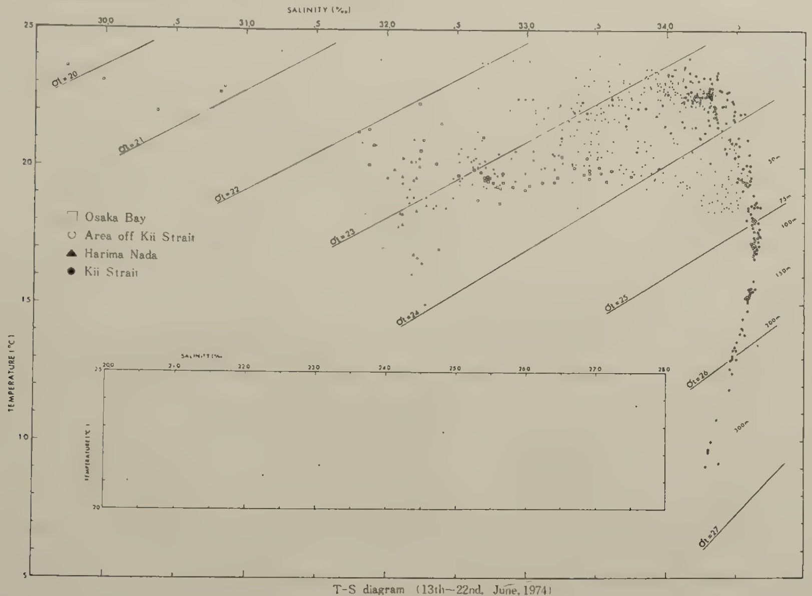


Fig. 2. The T-S diagram in the Kii Strait and adjacent region. (13th-22nd, June, 1974.)

(1) 内海系水：塩分33.0‰以下であり，紀伊水道の徳島県沿岸，大阪湾，播磨灘に分布する。なかでも塩分の著しく低い沿岸河川系水は大阪湾東南部沿岸と徳島県沿岸にみられる。

(2) 紀伊水道系水：塩分33.0～33.8‰，水温，19.5～23.0℃で特徴付けられる。紀伊水道の中央より東側，水道沖合の四国沿岸域に分布する。また大阪湾の底層にもみられる。

(3) 外海系表層水：塩分が33.8～34.6‰，水温18.5～24.0℃を示し紀伊水道沖合の東部から西部南寄りの水域の50m以浅および紀伊水道内の底層に分布する。

(4) 黒潮系水：塩分が34.6‰以上で特徴付けられる水塊で水道沖合域の水深50m以深に分布する。

対象海域の水温，塩分，透明度，COD，DIN，PO_4-P，クロロフィルの分布を第1回調査については，それぞれ，Fig. 3.，Fig. 4.，Fig. 5.，Fig. 6. 第2回調査については，それぞれ，Fig. 7.，Fig. 8.，Fig. 9.，Fig. 10. に示す。これらの図より明らかなように，水道西部には内海系水（含河川水）に由来する低塩分，低水温，で透明度の低い水塊が分布し，水道東側には高水温，高塩分で透明度の高い外海系水が分布する。第2回調査では吉野川，那賀川河口域で塩分26‰以下の低塩分の水塊が存在するが，これは調査開始前日まで降り続いた雨による河川水の増加によるものと思われる。紀伊水道域には吉野川，那賀川，勝浦川などの河川が流入する。1960年から1968年の9年間の平均流入量は，吉野川 139 m^3/sec，那賀川，67 m^3/sec，勝浦川，21m^3/secであり[1)]，水道西部水域への河川水の流入量は平均値として 230 m^3/secに達する。従って，水道西部に分布する低塩分水塊は内海系水と河川水の両者によって涵養されたものと考えられる。外海系水は水道沖合の四国沿岸と中央部から流入する傾向がみられる。一般に，東京湾口域，豊後水道[6)]，紀伊水道のように背後に閉鎖的な海域を持ち外海に向って開口している水域では，コリオリの力が作用して，北半球では流入する外海系水は東寄りに卓越することが認められている。[7)]今回の調査においても，特に第1回調査の水温，塩分，透明度の分布から明らかなように，外海系水は紀伊水道沖合域の中央部を経

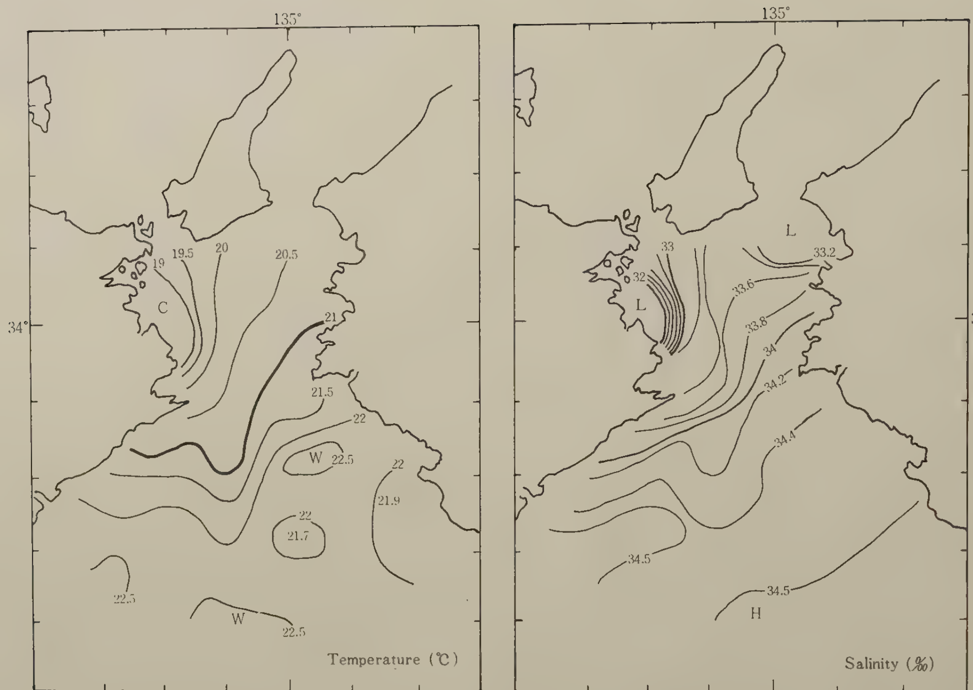


Fig. 3. The distribution of temperature (℃) and salinity (‰) at surface in the Kii Strait and adjacent region.
(11th-16th, Nov., 1973.)

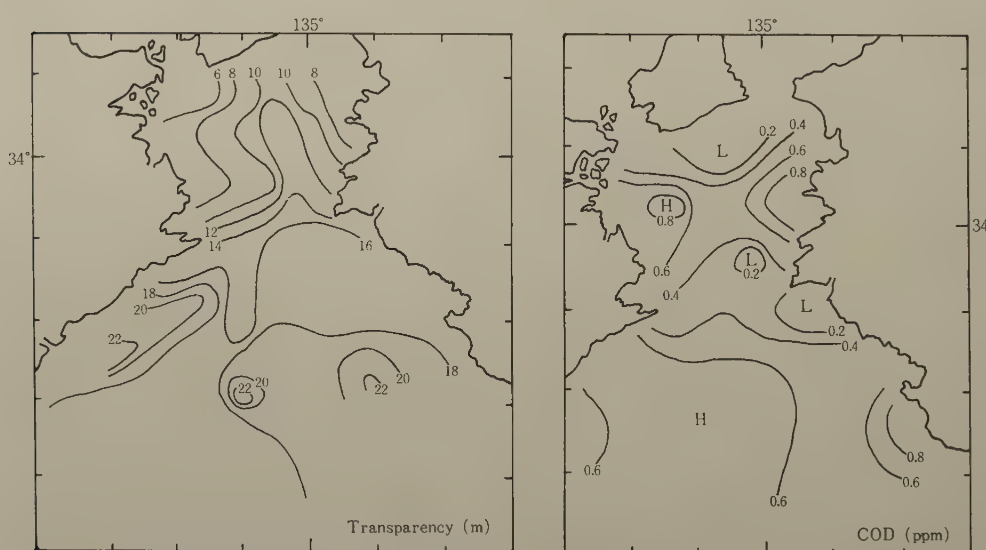


Fig. 4. The distribution of transparency(m) and COD(ppm) in the Kii Strait and adjacent region.
(11th-22nd, Nov., 1973.)

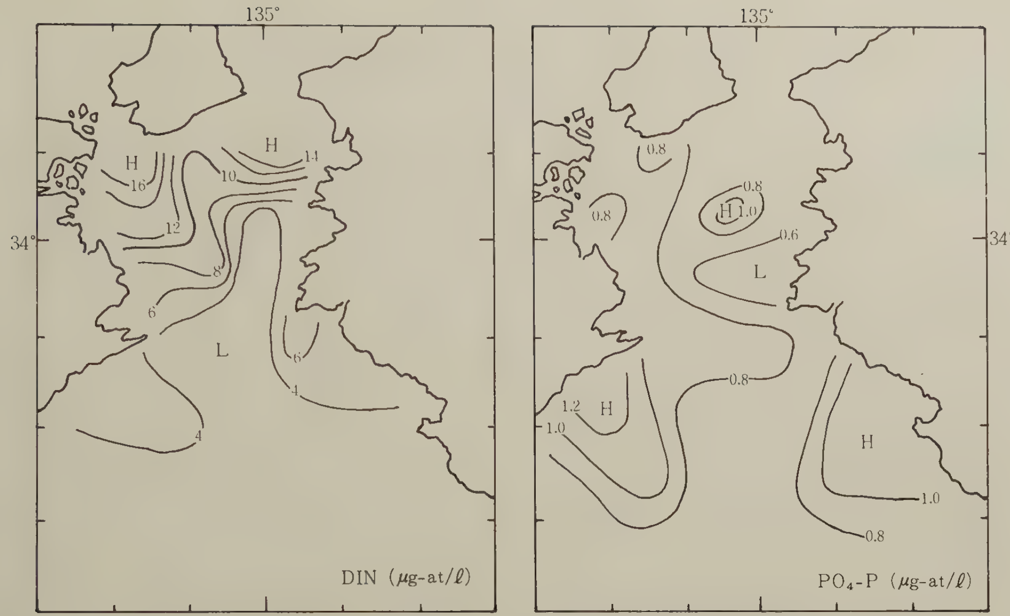


Fig. 5. The distribution of the mean value of DIN and PO_4-P (μg-at/ℓ) in the Kii Strait and adjacent region. (11th-22nd, Nov., 1973.)



Fig. 6. The distibution of chlorophyll a(mg/m³) at surface in the Kii Strait. (11th-22nd, Nov., 1973.)

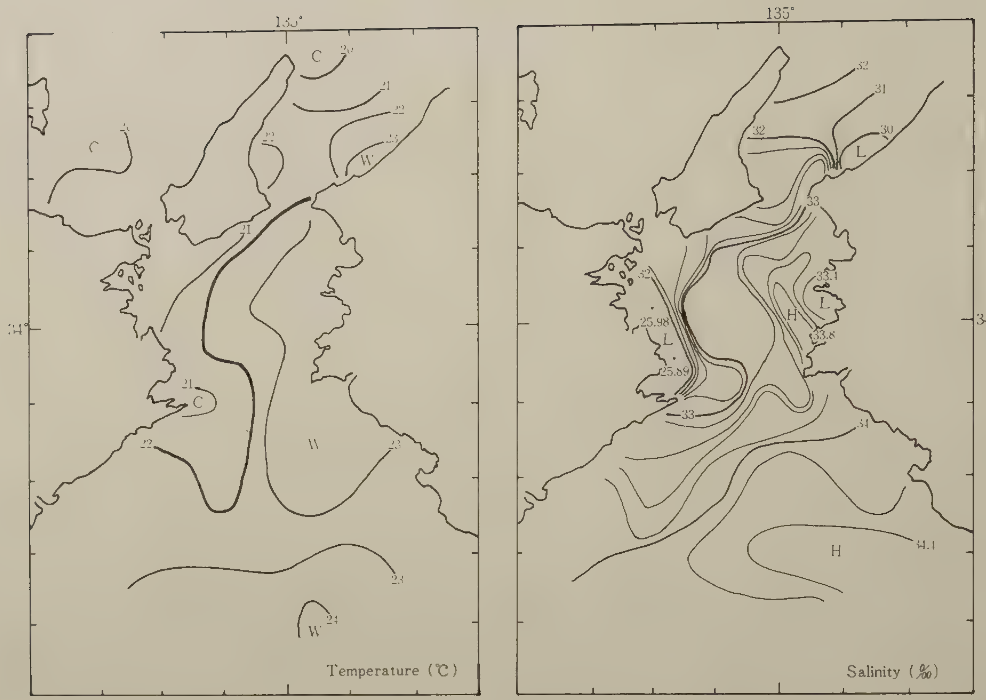


Fig. 7. The distribution of temperature(℃) and salinty(‰) at surface in the Kii Strait and adjacent region. (13th-22nd, June, 1974.)

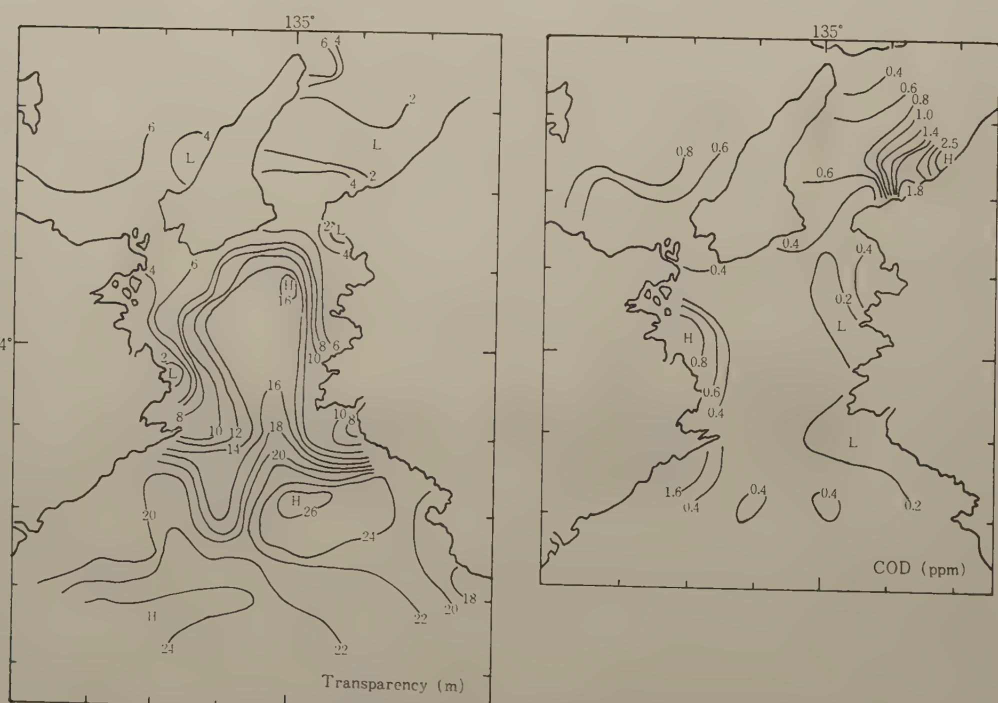


Fig. 8. The distribution of transparency(m) and the mean value of COD(ppm) in the Kii Strait and adjacent region. (13th-22nd, June, 1974.)

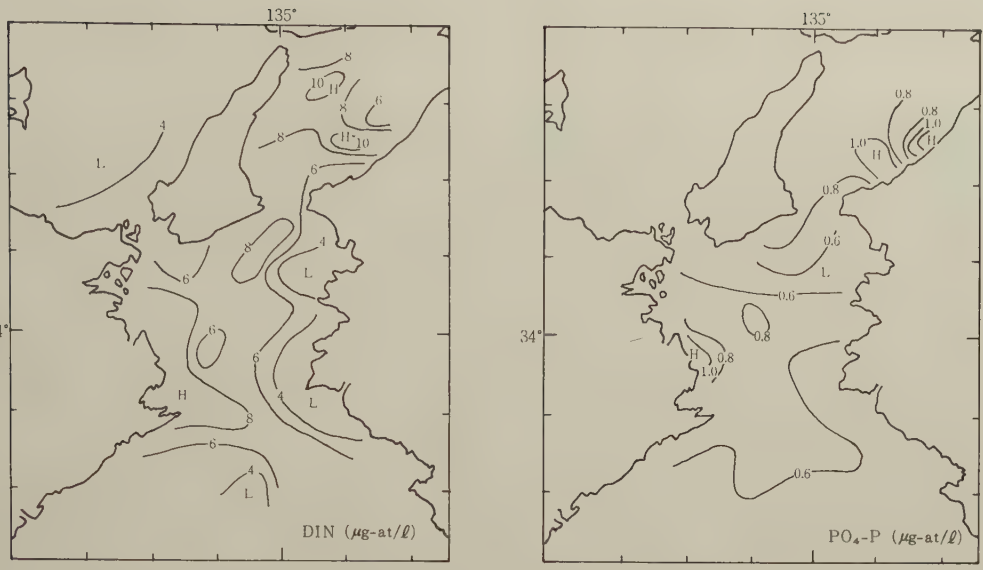


Fig. 9. The distribution of the mean value of DIN and PO_4-P(μg-at/ℓ) in the Kii Strait and adjacent region. (13th-22nd, June, 1974.)

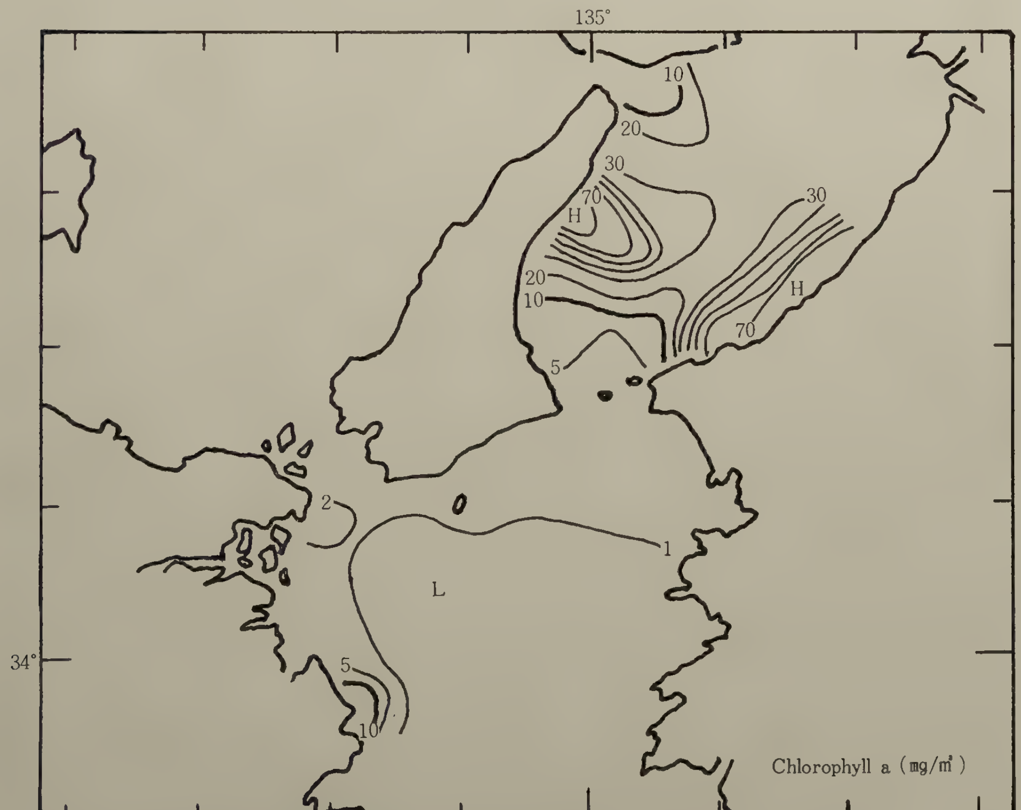


Fig. 10. The distribution of chlorophyll a (mg/m^3) at surface in the Kii Strait and adjacent region. (13th-22nd, June, 1974.)

て紀伊水道域の東寄りを北上していることが知られる。

ＣＯＤの等量線の分布は複雑であるが，第１回調査では水道域の北部と南部では0.4ppm以下を示し，中部と水道沖合で0.6〜0.8 ppmという比較的高い値を示す。一方，第２回調査では，水道域の中央部と沖合域では，0.2〜0.4 ppmが観測されるのに対し，徳島県沿岸域では，0.8 ppm以上である。大阪湾では0.6 ppm以上であり，特に泉州沖には1.0ppm以上の値が得られ，しかも最高値は2.5ppmで，海域における水産環境水質基準[8]を超える。この海域では汚染が著しく進行していると言えよう。

ＤＩＮはおおむね水温，塩分からみた水塊配置と一致した分布型を示す。すなわち，低塩分の徳島県沿岸水域では 16μg-at/ℓ と高く，水道中央部および沖合域では 4.0μg-at/ℓ 以下である。また，第２回調査では全体的にＤＩＮ濃度は小さくなり水道内では 10μg-at/ℓ 以上の値はみられない。大阪湾では全般的に紀伊水道に比較して高く，10μg-at/ℓ 以上の水域がみられる。

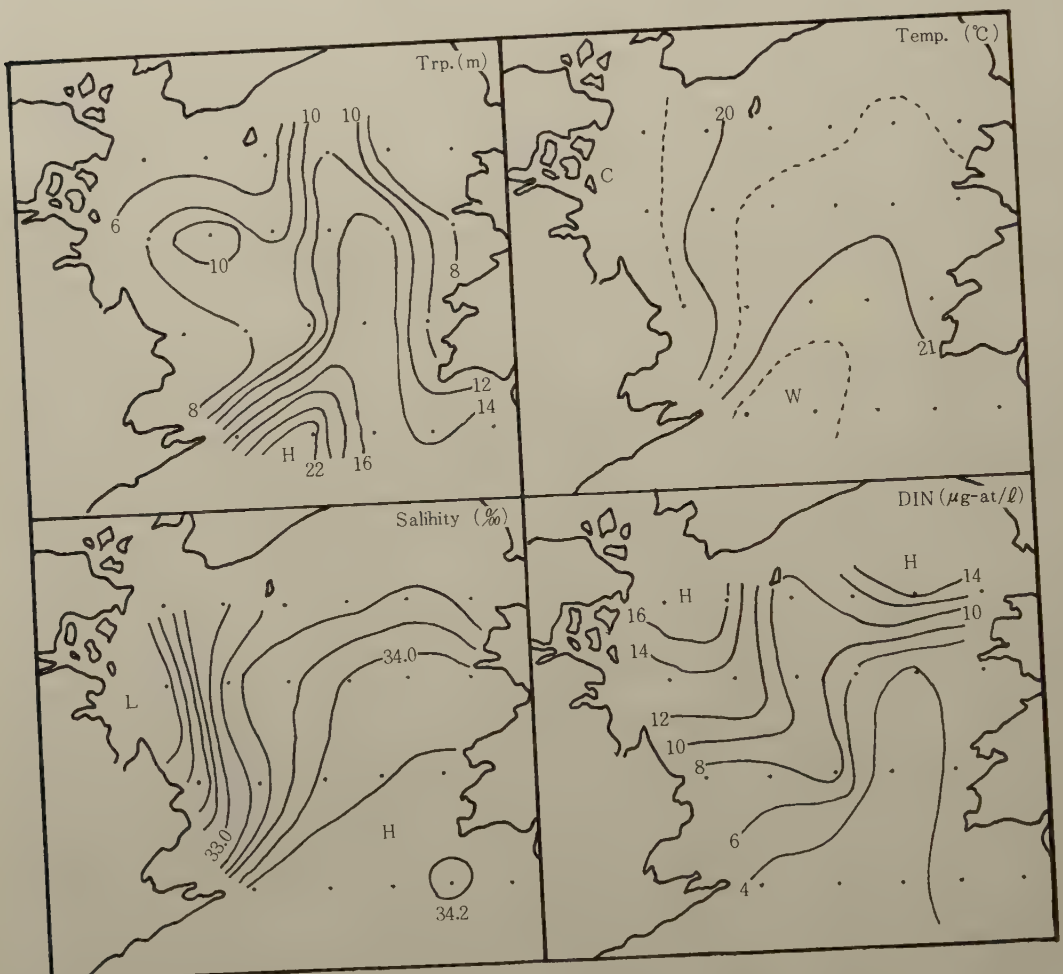


Fig. 11. The distribution of transparency(m) and the mean value of temperature(℃), salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) in the Kii Strait at high tide. (11th-16th, Nov.,1973)

PO_4-Pの分布は，ＤＩＮの分布とは異って，水温，塩分からみた水塊配置とは必ずしも一致しない。第1回調査では水道沖合域の四国沿岸に 1.2μg-at/ℓ 以上，和歌山県沿岸に 1.0μg-at/ℓ 以上という比較的高濃度水域がみられる。これらの海域は南西水研[3)]が指摘する下層水の湧昇域にあたる。このような水域では生産性が高く，幼稚仔の好適生育場として評価されよう。第2回調査では，ＤＩＮと同様に，PO_4-P濃度は全般的に減少する。水道内の那賀川河口域では 1.0μg-at/ℓ 以上の水域がみられる。大阪湾では全体的に紀伊水道域より高く，0.8μg-at/ℓ 以上で，泉州沖合では 1.0μg-at/ℓ 以上である。このように，PO_4-Pでは紀伊水道と大阪湾との水平差がＤＩＮにくらべると大きくない。

栄養塩類は非保存性成分であり，その分布は必ずしも水温，塩分によって区分される水塊の分布と一致するとは限らない。今回の調査では，ＤＩＮの分布はPO_4-Pに比較して水塊の分布とよく一致する。このような分布の相違は，リンがチッソに比べ代謝速度の速いことによるものと考えられる。

クロロフィルの分布は水道の西部沿岸で高く東部で低い。特に第1回調査では那賀川河口域で 4 mg/m³以上である。第2回目調査では那賀川河口域で 10mg/m³ 以上である。一方，大阪湾では調査時に赤潮が発生し

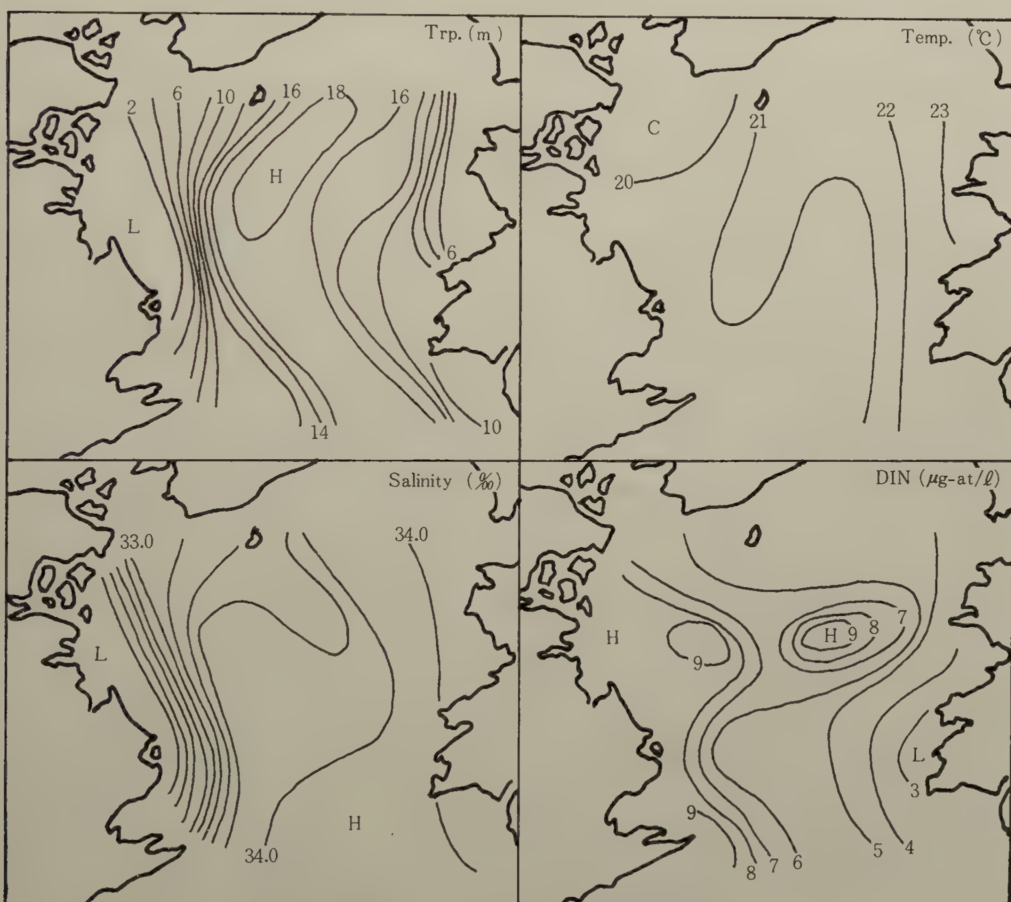


Fig. 12. The distribution of transparency(m) and the mean value of temperature(℃), salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) in the Kii Strait at low tide. (13th-22nd, June, 1974.)

ており，70mg/m³ 以上の水域もみられた。季節的には第1回より第2回が高く，春から初夏のプランクトン増殖期に入っていることを示すものと思われる。DINは一般に春から夏にかけ低下し，秋から冬に増大するが，今回の調査でも，DINは第1回に比較して第2回が低く，植物プランクトンの増殖に利用されていることが推察される。

海況諸要素の潮時別分布

高潮時（1973年11月），低潮時（1974年6月）の透明度，水温，塩分，DINの分布をそれぞれ Fig. 11., Fig. 12. に示す。海況の概要の項で述べたように，紀伊水道の西部に内海系水及び沿岸水が，東部に外海系水が分布するという水塊配置には変化がない。低潮時には高潮時に比較して両水塊の潮境は明瞭になり，内海系水は主として水道西部の四国沿岸を南下することが明らかである。低潮時の塩分，DINの分布をみると，塩分33.8‰，DIN 6μg-at/ℓ の等量線が水道中央部まで舌状に延び，内海系水が一部水道中央部に流出していることが推察される。また，高潮時DINの分布からもうかがわれるように，友ヶ島水道を経由する大阪湾からの海水はそのまま南下せずに，淡路島南岸沿いに南西方向に指向しており，このために定線G付近を中心にほぼ東西に走る顕著な不連続帯が形成されている。すでに村上[1)]が指摘しているように，水道東部を北上する外海系水の影響を受け，友ヶ島水道に由来する内海系水も水道西部に移動し，徳島県沿岸水と混合しながら，徳島県沿岸域を南下し，外海域へ流出するといった海水の流動が考えられる。

Fig. 13. には高潮時の各定線での水温，塩分，DINの鉛直分布を示す。定線Gでは，st. 1., st. 2. の観測は欠けているが，水道東部水域の表層には大阪湾に由来する低塩分でDINの高い内海系水の張出しがみられる。一方，st. 5,. st. 6. の底層には塩分34‰以上の水塊（外海系水）の流入も観察される。定線Fで

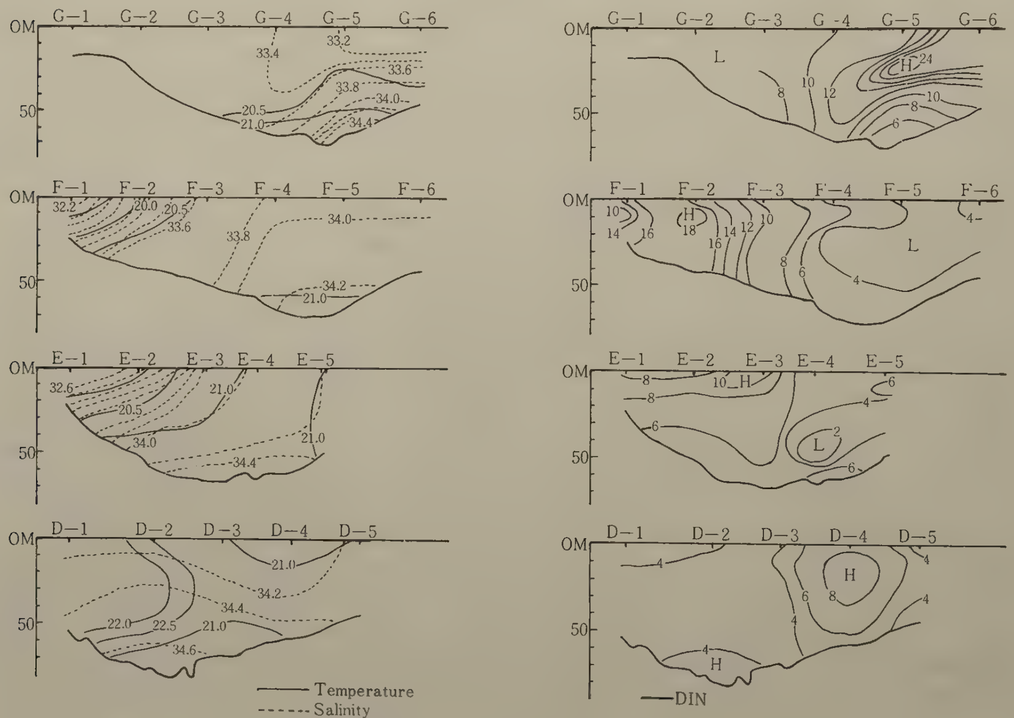


Fig. 13. The vertical distribution of temperature(℃), salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) in the G, F, E and D vertical section at high tide. (11th-16th, Nov., 1973.)

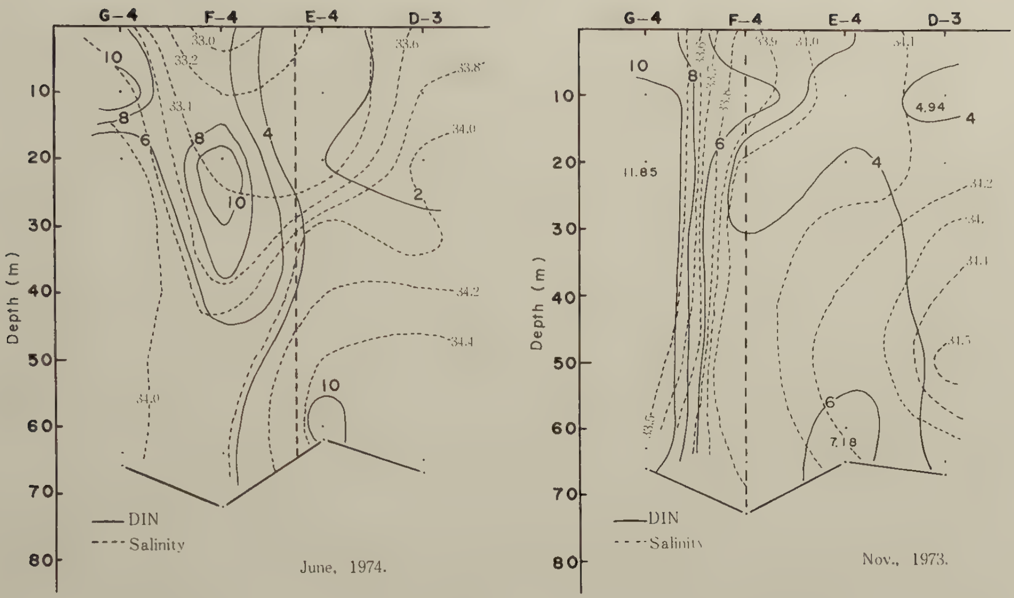


Fig. 14. The vertical distribution of salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) in the vertical section along St. G-4, St. F-4, St. E-4 and St. D-3 at low and high tide.

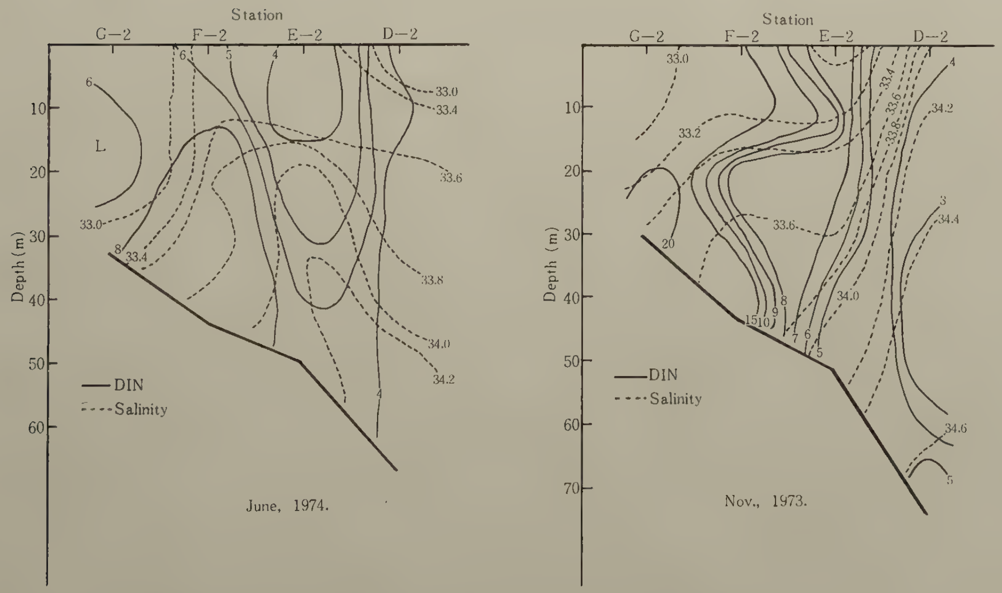


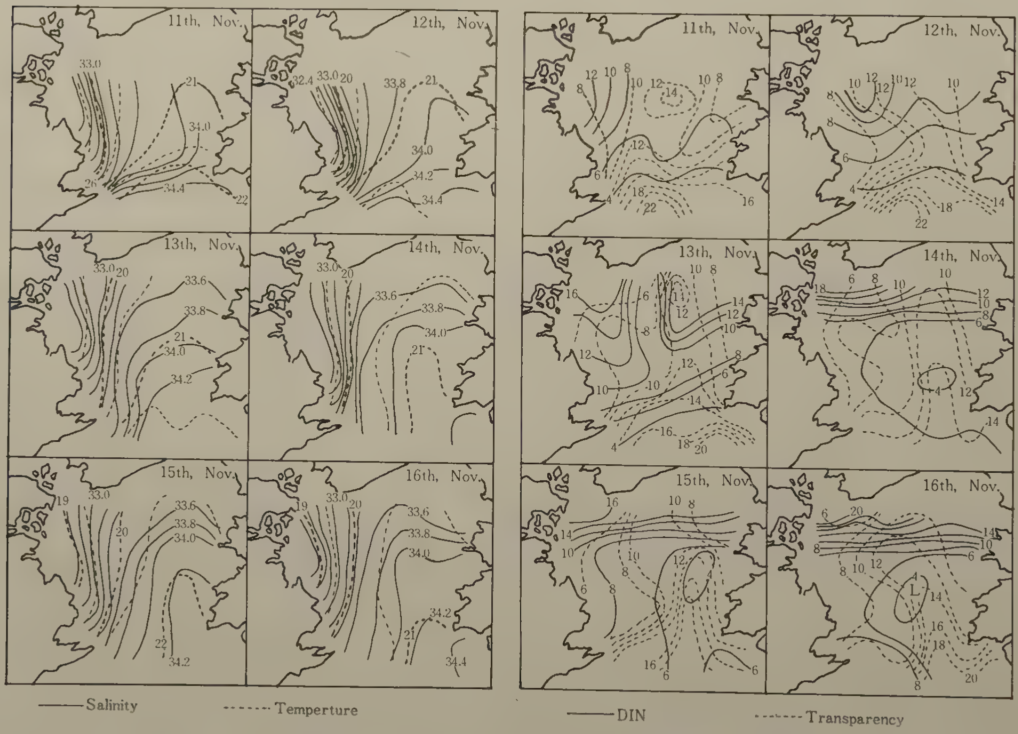
Fig. 15. The vertical distribution of salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) in the vertical section along St. G-2, St. F-2, St. E-2 and St. D-2 at low and high tide.

は大阪湾に由来するような内海系水の分布はみられず，水道の西部に向かうにしたがって塩分が低くなり，しかもＤＩＮも高い。塩分34‰の水塊は st. 4., st. 5., st. 6. の10m層まで上昇しており，外海系水の分布範囲が拡大していることが明らかである。定線Ｇで観察された大阪湾に由来するような内海系水の分布はみられず，既に述べたように，大阪湾から流出する水塊は直接南下せず，水道西部に移動する。定線Ｅではおおむね定線Ｆと同様な傾向の分布を示すが，外海系水の影響範囲が拡っていることが理解できる。さらに定線Ｄでは全域で塩分が34‰以上となり，外海系水が主に分布すると言えよう。ＤＩＮは定線Ｆ，Ｅとは異った分布を示す。

水道の中央部（st. G–4, st. F–4, st. E–4, st. D–3）と西部（st. G–2, st. F–2, st. E–2, st. D–2）の南北断面での高潮時，低潮時の塩分，ＤＩＮの分布を Fig. 14., Fig. 15. に示す。いずれの南北断面においても，外海系水は底層を水道内に潜入し，内海系水は表層より外海へ移動する状態がわかる。さらに，表層を南下する内海系水の一部は低潮時には，中層まで分布することが明らかである。潮時別の水平分布より明白であるが，水道中央部の南北断面では，西部の南北断面に比較して外海系水がより水道の北部にまで，逆に内海系水は水道の西部の方でより南部にまで分布することが認められる。

海況の短期変動

1973年11月に行われた１回目調査の水温，塩分，透明度，ＤＩＮの水平分布を Fig. 16. に示す。大局的には，海況の概要で述べたように水道西部に内海系水，東部に外海系水が分布することに変りはない。しかし，詳細に観察すると分布は日一日と変化しており，前述の２つの水塊の消長により分布が支配されている



——Salinity　------Temperture　——DIN　------Transparency

Fig. 16. Fluctuation of temperature(°C), salinity(‰), DIN(μg-at/ℓ) and transparency(m) during six repeatted cruises which were made in a short period of time. (11th-16th, Nov., 1973.)

ことが示唆される。水道の西部沿岸域の定点では北流時に，中央から東部の定点では南流時（11日，12日）に，内海系水が水道中央部付近まで張出して定線F付近にまで分布し，外海系水の勢力は弱い。特にＤＩＮの分布も友ヶ島水道を経由する内海系水も水道中央部へ張出している傾向がみられる。水道の西部半分の定点では北流時に，東部の定点では南流時（13日，14日）には，外海系水の勢力が次第に強くなる傾向がみられる。水道全域の定点が北流となる時（15日，16日）には，外海系水の勢力が一段と強くなり，定線F付近にまで34‰の水塊がみられ，外海系水が水道北部にまで流入していることを示している。一方，ＤＩＮの分布では定線G，F付近で東西に著しく明りょうな潮境を示し，ＤＩＮ濃度の傾度が大きい。以上のように，水質成分の分布は外海系水，内海系水等の水塊配置とよく対応しており，その経日変化は両水塊の勢力の消長と深い関係がある。

1974年６月に行われた低潮時を中心とした調査で得られた３日間の塩分，ＤＩＮの分布を Fig. 17. に示す。この場合も分布が日一日と変化し，水道西部域が南流の時（19日）には，水道東部に外海系水の分布が認められるが，水道全域が南流になる時（22日）には外海系水の水道内への流入は非常に弱くなることが認められる。一方，内海系水は，外海域へ流出する傾向を示し，水道西部沖合域にまで塩分33.6‰の水塊が分布している。このように，海況諸要素の分布の変動と紀伊水道内での潮流との間には深い関係がみられ，紀伊水道における海況の短期変動は潮汐による影響が大きくきいているものと思われる。

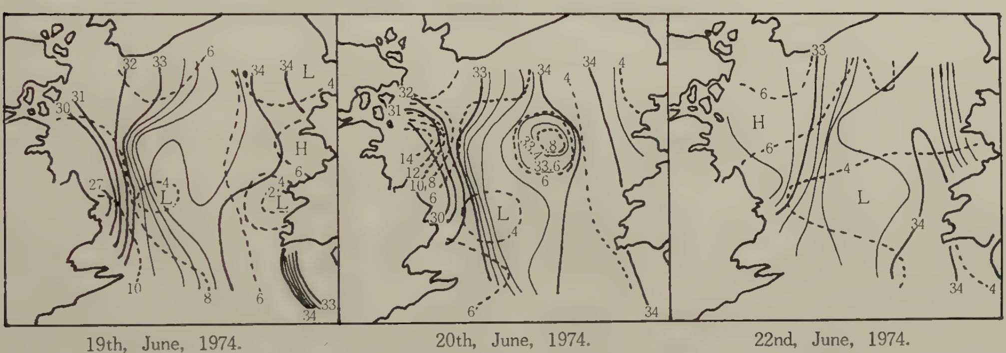


Fig. 17. Fluctuation of salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) during three repeated cruises which were made in a short period of time. (19th-22nd, June, 1974.)

外海系水の流入方向の南北断面（st. G–4, st. F–4, st. E–4, st. D–3）の塩分，ＤＩＮの鉛直分布を Fig. 18. に示す。

11月13日は南流時に，14日は高潮時に，15日は北流末期に，16日は北流最強時に観測した。塩分の鉛直分布で34‰の等塩分線をみると，14日では一番北に，次いで15日，16日，13日の順に南下する。すなわち外海系水は高潮時に最も北まで分布し，北流時には次第に外海系水の影響範囲が北部に拡大し，南流時には最も南にまで外海系水が押し出されることがわかる。

ＤＩＮの 10μg-at/ℓ の等量線をみると，13日は最も南部（st. F–4, と st. E–4 の中間）にまで分布し，14の高潮時には，st. G–4, 付近にみられる。一方，北流時（15日，16日）には13日と14日の中間，すなわち st. G–4 と st. E–4, の中間に分布する。従ってＤＩＮの分布も塩分分布と類似した変動を示す。

鳴門海峡に対応させた水道中央部の南北断面（st. G–4, st. F–4, st. E–4, st. D–3）における塩分とＤＩＮの変化を Fig. 19. に示す。縦軸にはＤＩＮと塩分の絶対値を，横軸には，鳴門海峡における北流から南

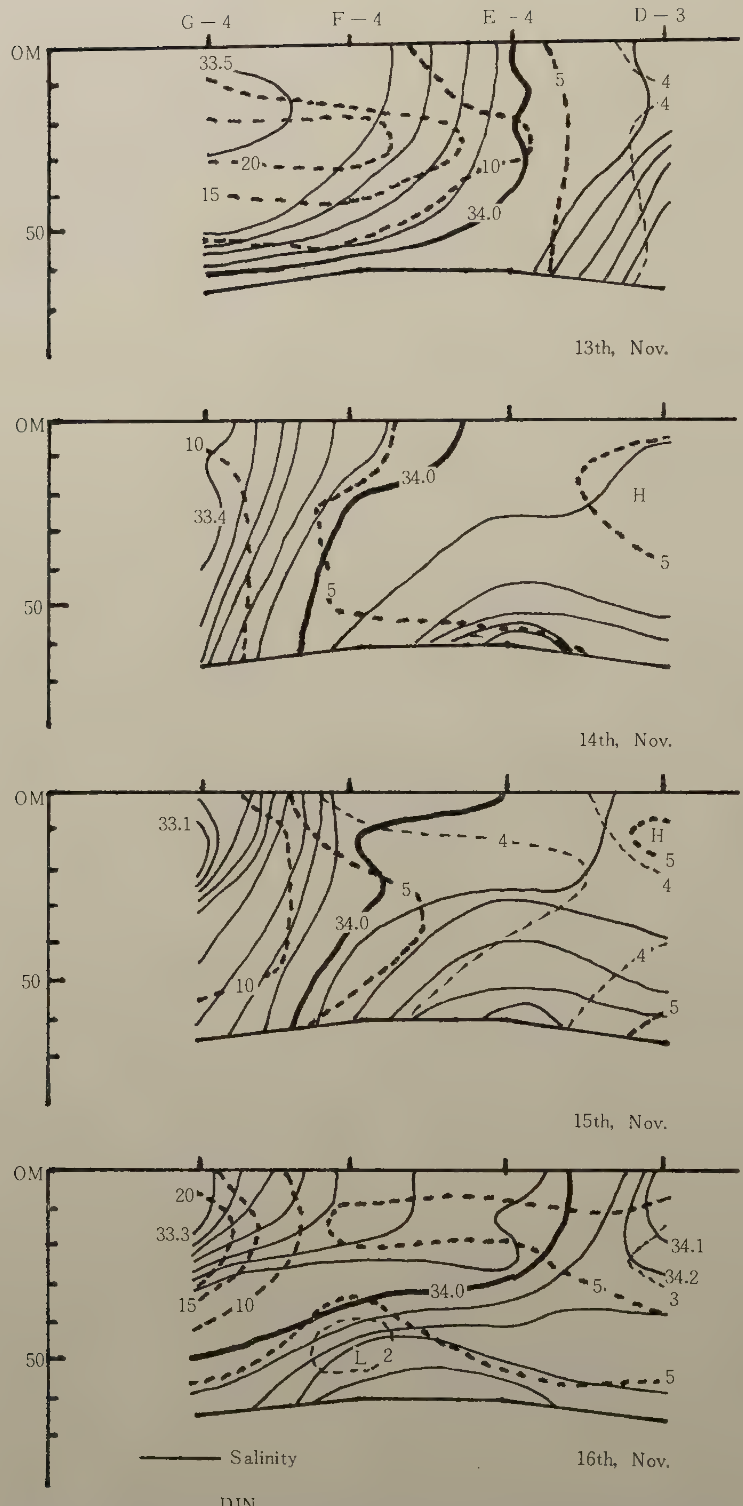


Fig. 18. Fluctuation of salinity (‰) and DIN (μg-at/l) in the vertical section along St. G-4, St. F-4, St. E-4 and St. D-3 during short period of time. (13th-16th, Nov., 1973.)

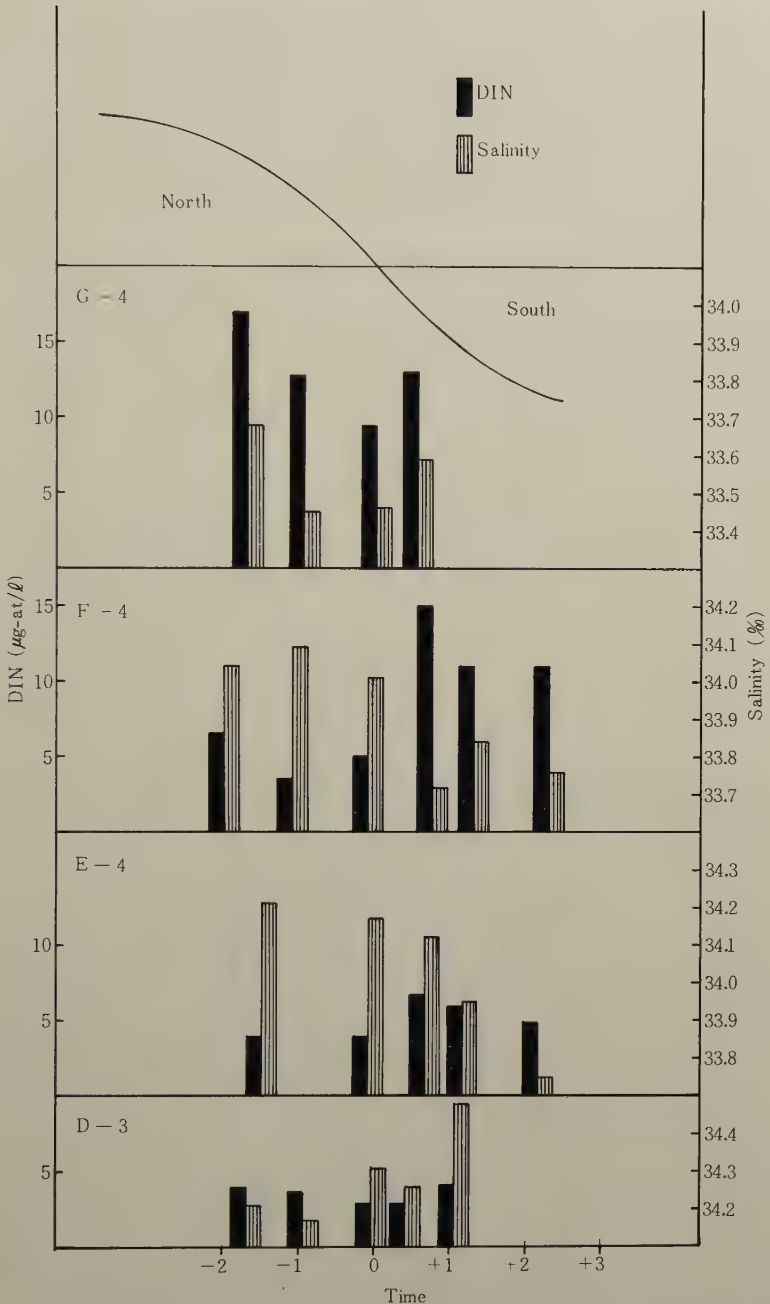


Fig. 19. The variation of salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) at St. G-4, St. F-4, St. E-4 and St. D-3 and the direction of tidal current at the Naruto Strait.
(11th-16th, Nov., 1973.)

流への転流時を中心にして経過時間を示す。最上段の曲線は鳴門海峡での潮流の方向を表わす。図から明らかなように，st. F-4, st. E-4 では，北流時にはＤＩＮ濃度が低いのに対し，南流時には次第に増加する。一方，塩分はＤＩＮとは逆に北流時に高く，南流時に低くなる。一番南の st. D-3 では，ＤＩＮ，塩分の値は潮時に関係なくほぼ一様な値を示す。st. G-4 ではＤＩＮ，塩分共に北流時には次第に減少し，北流から南流への転流時に増加する傾向を示す。従って，この傾向と Fig. 16., Fig. 18. に示すＤＩＮ，塩分の短期変動とから考えると st. G-4 では南流時に流出した内海系水が北流時に再度北流するという内海系水の往復移動のあることが推察される。

Fig. 14. に示される高潮時，低潮時のＤＩＮ，塩分の鉛直分布からも明らかなように，内海系水，外海系水の潮境は st. F-4, と st. E-4 の間に認めらる。従って，この両定点（st. F-4, st. E-4）においては潮時による内海系水と外海系水の消長によりＤＩＮ，塩分が著しく変動することが明らかである。逆に，st. G-4 では主として内海系水，また st. D-3 では外海系水の分布範囲内であり，つまり，同一水系内では Table 3. に示す標準偏差が小さいことからも潮時による海況の変化の小さいことが知られる。

Table 2. The mean value (M) and standard deviation (S) of salinity and DIN.

	section	Station 1		2		3		4		5		6	
		M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S
Salinity (‰)	G	32.71	0.06	33.08	0.07	33.50	0.04	33.55	0.12	33.61	0.02	33.49	0.05
	F	32.41	0.10	33.08	0.19	33.64	0.06	33.72	0.23	33.97	0.04	33.95	0.07
	E	32.62	0.23	33.59	0.13	33.86	0.09	34.03	0.16	34.16	0.06	—	—
	D	33.77	0.24	34.15	0.23	34.28	0.10	34.33	0.10	34.39	0.05	—	—
DIN (μg-at/ℓ)	G	18.40	1.60	16.36	1.78	14.26	3.66	13.90	1.35	13.68	1.88	13.79	2.07
	F	9.44	2.56	9.90	2.94	7.73	1.32	7.41	3.66	6.51	2.38	6.17	1.90
	E	7.65	1.35	6.99	1.99	5.89	1.58	5.14	1.53	4.78	0.53	—	—
	D	5.43	1.86	5.21	2.12	4.18	0.92	4.91	1.82	3.22	0.93	—	—

The surveys were repeated six times at F, E and D section from 11th to 16th, Nov 1973. At G section the surveis were carried out four times from 13th to 16th, Nov., 1973.

Fig. 20. に塩分とＤＩＮとの相関を示す。この図より，1973年11月の紀伊水道では塩分が高くなるとＤＩＮは低く，逆に，低くなるとＤＩＮは高くなるといった逆相関関係が得られ，ＤＩＮの分布は，塩分の分布，水塊配置と関連することが認められる。しかしながら，この相関は必ずしもよいとは言い難い。これはＤＩＮは非保存成分であって一次生産における植物プランクトンによる取込み，有機物の分解による溶存化，底泥からの溶出等の種々の要因が，ＤＩＮの分布を支配することによるものであろう。

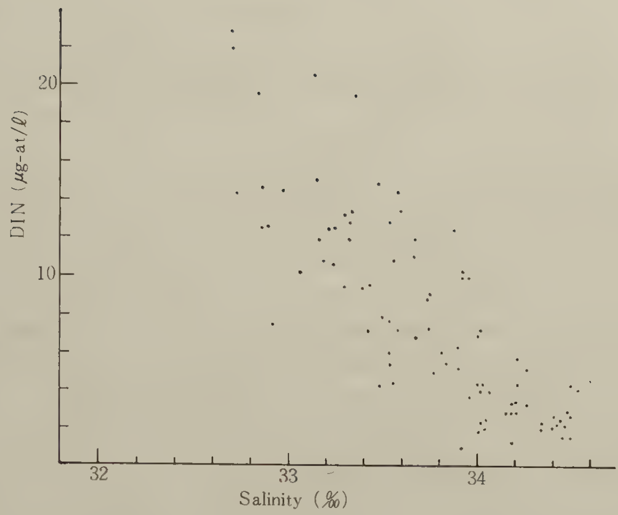


Fig. 20. The relation between salinity(‰) and DIN(μg-at/ℓ) in the Kii Strait.

摘　　　　要

1973年11月と1974年６月の２回の調査から次のことが要約される。

１）紀伊水道域及び隣接海域において，低塩分の水塊が水道西部に，高塩分の水塊が水道の中央ないし東部に存在する。外海系水の流入は水道沖合域の四国沿岸と水道中央部においてみられるが，一般に後者の方が卓越する。

２）水道西部の水域の塩分は，降雨の後の1974年６月の調査では26‰まで低下した。従って，この水道西部の水塊の形成には吉野川等に由来する河川水が大きく寄与している。

３）塩分からみた水塊の配置と，透明度，ＤＩＮ，クロロフィルの分布は大約一致する。すなわち，低塩分の水域では透明度が低く，ＤＩＮ，クロロフィルが高い。赤潮の発生が水道西部でしばしば観察されるなど紀伊水道内の環境変化の現象は水塊配置と関連性が強い。

４）高潮時，低潮時の海況諸要素の分布をみると，高潮時には外海系水は水道北部にまで流入し，低潮時には内海系水の一部は舌状に水道中央部に張出している。各定線の東西断面における塩分の鉛直分布，水道西部（st. G–2, st. F–2, st. E–2, st. D–2）と中央部（st. G–4, st. F–4, st. E–4, st. D–4）の南北断面における塩分，ＤＩＮの鉛直分布より，外海系水は底層より潜入し，内海系水は表層を南下するといった二層構造が認められる。

５）高・低潮時の塩分，ＤＩＮの分布の変化は紀伊水道内での潮汐と非常に関連があり，主として，水道域が南流時には外海系水が沖合に分布するのに対し，北流に転ずると，外海系水は北部にまで分布し，水道北部で塩分，ＤＩＮの傾度が大きくなる。従って，水道内の海況の短期変動は潮汐による水塊配置の変化によるものと考えられる。こういった変化を詳細にとらえるためには今回の調査のように，各定線を横断反復観測をすることが効果的であると考えられる。

文　　　献

1) 日本水産資源保護協会，1974：徳島県新長期総合開発計画の水産資源および，漁業，養殖業に及ぼす影響に関する調査報告書　8－22.

2) 市栄誉，1952：紀伊水道の海況（1951年）海洋報告，2，253—278.

3) 南西海区水産研究所他，1975：内外水交換機構の生物生産力に与える影響解析，紀伊水道に関する総合研究報告書，207～340，科学技術庁.

4) STRICKLAND, J. D. H. and J. D. PARSONS, 1968: A Practical Handbook of Sea Water Analysis. J. Eish. Res BD. CANADA, 167.

5) 松江吉行編，1961：水質汚濁調査指針，pp. 384.

6) 南西海区水産研究所他，1975：豊後水道域における海洋環境と海洋生物生産機構に関する研究，豊後水道海域における精密海洋観測総合研究報告書，115～196，科学技術庁.

7) 宇田道隆，1969：海，pp. 221，岩波書店.

8) 日本水産資源保護協会，1972：水産環境水質基準，pp. 85.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 53~72 (1977)

Organic Pollution of Bottom Mud in the Seto Inland Sea and Its Removal Experiment

Akio MURAKAMI

According to the increase of pollution in the Seto Inland Sea, the organic pollution of bottom mud proceeds at the stagnant regions. As it is observed that such unfavorable phenomena occur as the lack of dissolved oxygen at the bottom sea layer and the furtherance of eutrophication by released nutrients from the bottom mud. The marine ecosystem has been damaged very much. The author explains the mechanism and the influence of the organic pollution of bottom mud, and reports the organic pollution of the bottom mud in the Seto Inland Sea in 1974, and the experiments and problems in the project of the removal of the polluted bottom mud carried out by the Fisheries Agency.

Materials and Methods

The data used in this report were avairable in the research reports on improvement and recovery of the fisheries ground.[1] The sampling and analytical procedures were shown in Table 1 and 2 respectively. The method on removal of organic polluted bottom mud was explained in the report of the realization project of preventing and removing the red tide.[6]

Results and Discussion

1. Mechanism and influence of organic pollution of bottom mud

Since solid organic materials produced in the sea or discharged from the land deposit on the bottom mud in inshore waters, it is recognized that the organic pollution of bottom mud occurs locally at the inner part of the bay or in the stagnant region, even if in general conditions of marine environment. Once the discharged pollutants has grown more than the capability of self-purification in the sea, the sea water is polluted in the neighbour of the drainages at first, and then the solid organic materials in the waste waters or detritus produced in the sea deposit to the bottom near the drainage. It is realized that the progress of the bottom mud pollution is behind of the water pollution, and is restricted within narrow area. Generally, the water pollution is temporal, on the contrary, the mud pollution is continuous and can show the history of the pollution in the sea owing to its fixation. The more pollutants is discharged,

Received: June 15, 1977. Contribution No. 68 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

the larger area in the sea polluted according to the movement of the sea water mass, and then the extent of polluted bottom mud following to. On the other hand, there is a case of transference in the bottom mud pollution. The particulate materials in the sea sink mostly at the center of eddy current or in the stagnant region. The size composition of the bottom mud in such regiosn is very small, and the surface layer of the bottom mud is covered with the fine silt named "Hedoro" commonly in Japan. The current is generally slow in inshore waters except at the mouth of the bay and the strait, so the thermocline is developed in summer. At that time, the surface water is not mixed with the bottom water, and occasionally the difference of the temperature in both waters results in 10°C or more in July and August. In autumn, the thermocline is decomposed due to the cooling of the surface water, and the mixture of two layers water occurs. Moreover, they are mixed suddenly by the strong wind such as Typhoon in the shallow waters. In such case, the silt at the surface of bottom mud is winded up into the water, and is transferred to another stagnant region, and then settled again. Therefore, it is observed that the polluted bottom mud area is located at offshore far from the drainages. It is considered in the Seto Inland Sea, that the polluted bottom mud in the central part of Harima Nada, the eastern part of Hiuchi Nada, and the southern part of Suho Nada is resulted in such process.

The organic pollution of the bottom mud progresses the water pollution as a secondary pollution source. Although nitrogen and phosphorus are not concerned to the eutrophication so far as they are combined with the mud, but when they are released by the bacterial or chemical actions, they are transferred into the water of bottom layer through the water in the mud. From in the bottom water, nitrogen and phosphorus are supplied into upper waters due to the mixing.

On the other hand, the particulate organic nitrogen (PON) and phosphorus (POP) are mineralized both in the states of suspending and settling. Therefore, the particulate organic materials existing in bottom water and the surface of bottom mud are relate to the eutrophication of marine environment. The polluted bottom mud by the waste water of the pulp mill generally contains not so much nutrients, but it consumes dissolved oxygen in sea water when it is oxidized. It results in the lack of dissolved oxygen in bottom water especially in summer thermocline stage, and many benthic organisms are killed. Since the organic compounds (vitamins, etc.) and heavy metals (iron and manganese, etc.) stimulate the growth of Flagellates, so the release of such substances from the bottom mud is an important in the countermeasure of the red tide.

The organic pollution of mud is concerned in the breaking out of the red tide also in the lack of dissolved oxygen in inshore waters. As it brings about a

serious damage to fisheries, now it is going to be taken adequate countermeasures.

2. Situation of organic pollution of bottom mud in the seto inland sea

The Seto Inland Sea is the largest inshore water in Japan, it is ca. 400 km in length and 21,827 km^2 in area and 37.3 m in average depth. The depth is more than 100 m at straits. There are about 800 islands, and is devided into many bays, Nadas and straits. Two branches of the Kuroshio current enter into this area via Bungo and Kii channel, and the Tsushima current also enters into via Shimonoseki strait. Many rivers flow into this area. Consequently, the water in the Seto Inland Sea is transferred from west to east slowly, and many stagnant regions are in it. So the exchange of water with ocean is very poor. The marine pollution has been observed since the 1950's, and became to the most serious in 1973 or 1974, but is showing the signs of getting better due to the regulation of pollution load by the "Seto Inland Sea Conservation Law" in 1973.

The Fisheries Agency is making clear the bottom mud pollution in inshore waters in Japan, carrying out the researches in the Seto Inland Sea from September to October in 1974 and in Ise and Mikawa bay, Hibiki Nada and Hakata bay from August to September in 1975, and also in Omura bay and Ofunato bay in July, 1976[1]. The volume of the polluted bottom mud is estimated from the results. The investigations were carried out by the Fuyo Ocean Development, Co., at 160 stations in the Seto Inland Sea and another 924 stations in 28 heavy polluted areas in it. The sampling and analyzing methods are shown in Table 1 & 2. The mud sample was collected with a core sampler, etc. shown in Fig. 1,

Table 1. Standardized sampling procedure of bottom mud.

Sampling Method	Sampling length of Mud (cm)	Layer of Mud for Analysis (cm)				
		0−5	15−20	30−35	5 between Bottom and 35 cm Layer	5 from Bottom
Ekman-Birge	<10	○	—	—	—	—
Smith McIntyer	10−20	○	—	—	—	○
Core Sampler	<20	○	—	—	—	○
	20−35	○	○	—	—	○
	35−50	○	○	○	—	○
	>50	○	○	○	○	○
Item of Analysis	COD. Water cont.	○	○	○	○	○
	IL, Total-S. P. N. Silt Comp.	○	—	—	—	—

Table 2. Analyzing method of bottom mud.

Items	Methods	Items	Methods
Size composition	Screen ca. 50g mud with water by 32 and 150 mesh sieves, dry the residue at 110°C, weigh after colling. (division of bottom mud) Coarse Sand, Gravel — not pass through 32 mesh (dia. $<$0.5mm) Sand — not pass through 150 mesh (dia. 0.125-0.5mm) Mud — pass through 150 mesh (dia. $<$0.125mm)	COD	alkaline potassium permanganate, idometric titration
		IL	700°C 2 hrs.
		Total-S	detective tube
		P	Strickland and Parsons's "A Practical Handbook of Seawater Analysis" (1968)
		N	CN-Corder

Total length : ca. 3 m
Sampling length : 2 m
Dia. : 60mm

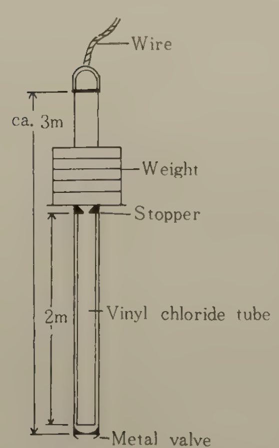


Fig. 1. Core Sampler.

and stored in the freezer until the analytical work at temperature of under 20°C. The echo sounder investigation was carried out at 160 stations with a sonicator model RS-72. Two ultrasonic waves (400 kHz and 30kHz) were radiated, the thickness of the mud containing much water was determined with the difference of the reflecting time between 400kHz and 30kHz. The sea regions in the Seto Inland Sea and the stations are shown in Fig. 2.

Many researches on the bottom mud had been carried out locally in the Seto Inland Sea relating to the fisheries damages. But it was the first time in all over the Seto Inland Sea that the investigations in December 1970, August 1971, October 1972 and May 1973 were carried out by our laboratory.[2] The bottom mud samples in upper 3cm layer, were collected with the Ekman-Birge dredge at 100 stations, analyzed as to COD, Ignition Loss (IL) and total-S. IL was determined by burning the mud at 800°C until becoming constant weight. Total-S content was determined with the following method; The mud was steam distillated, and hydrogen sulfide from it was absorbed to the solution

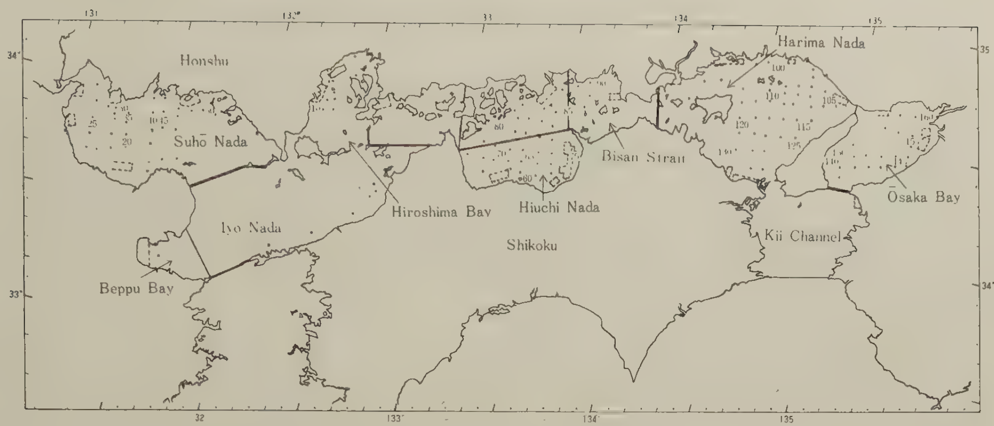


Fig. 2. Sampling station of bottom mud in the Seto Inland Sea. (Aug.-Oct., 1974.)

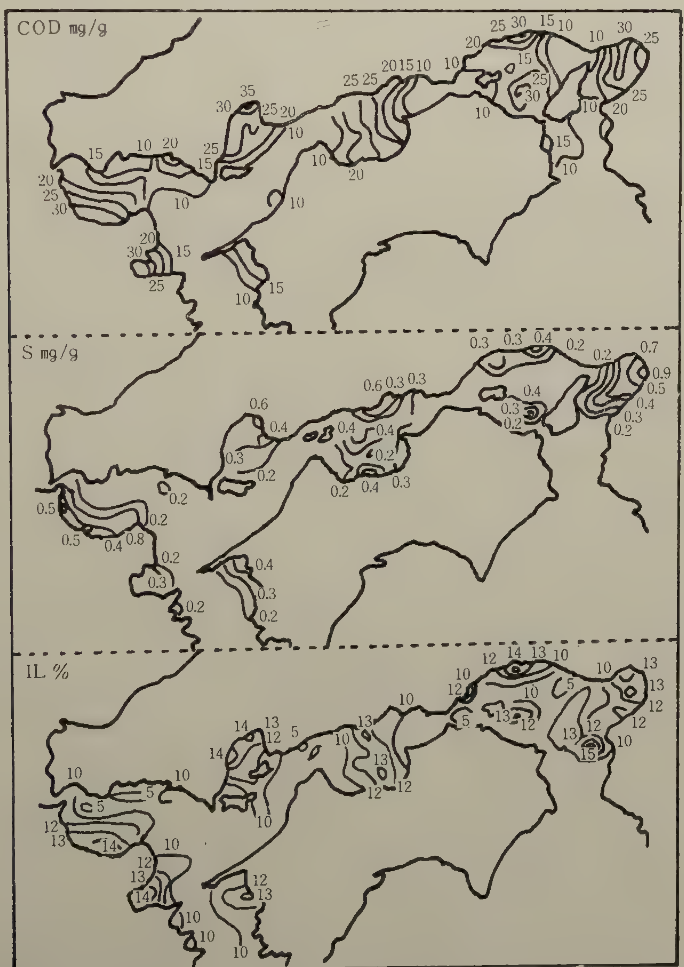


Fig. 3. Bottom mud qualities (COD, Total-S, Ignition Loss) in the Seto Inland Sea. (Oct., 1972)

of zinc-acetate, and titrated with 1/100 N solution of iodine. As a result, the degree of the bottom mud pollution differs seasonally, namely, it increases during summer and autumn, and decreases during winter and spring. The maximum values of COD, IL and total-S are often avairable in autumn. The distribution of COD, IL and total-S in October, 1972 is shown in Fig. 3. It is obvious that the mud is polluted seriously in Osaka bay, the northern coast of Harima Nada, Hiuch Nada, Hiroshima bay, the southern area of Suho Nada and in Beppu bay. The higher values (e. g., COD 30mg/g, IL 14%, total-S 0.5mg/g) are also observed at the central part of Harima Nada, Bingo Nada, Hiroshima bay and the mouth of Beppu bay during summer and autumn. COD and IL values do not exibit the seasonal differences, on the contrary, total-S fluctuates remarkablly. Although the regions where total-S content exceeds 0.5mg/g are observed everywhere during summer and autumn, it decreases below 0.2mg/g in spring almost in all stations. The nearest station to the coast is 2 or 3km distant, but there are regions of ca. 35 mg/g in COD and 1.0mg/g in total-S at the offshore of Kure bay and the central part of Osaka bay. The heavy polluted bottom mud area grew further to the offshore at that time already.

The investigation in 1974 was carried out from September to October, namely in the most polluted season. More than 1,000 stations containing the area 200 to 300m off fromthe coast was examined and nutrients were determined moreover. The results are shown in Fig. 4 to 9. The maximum, minimum and average value of items in several regions are shown in Table 3. As shown in these figures and table, there are many heavily polluted regions as same as in the former researches. It is noteworthy that the maximum values of COD, IL and total-S are greater than those of in the former researches. It can be supposed that the



Fig. 4. COD (mg/g) value of the bottom mud at uppr 5 cm layer in the Seto Inland Sea. (Aug.-Oct., 1974.)

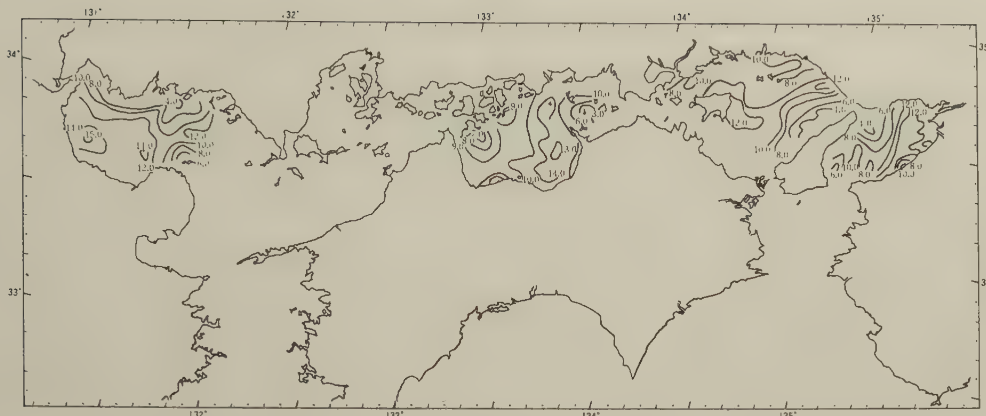


Fig. 5. Ignition Loss (%) value of the bottom mud at upper 5cm layer in the Seto Inland Sea. (Aug.-Oct., 1974.)

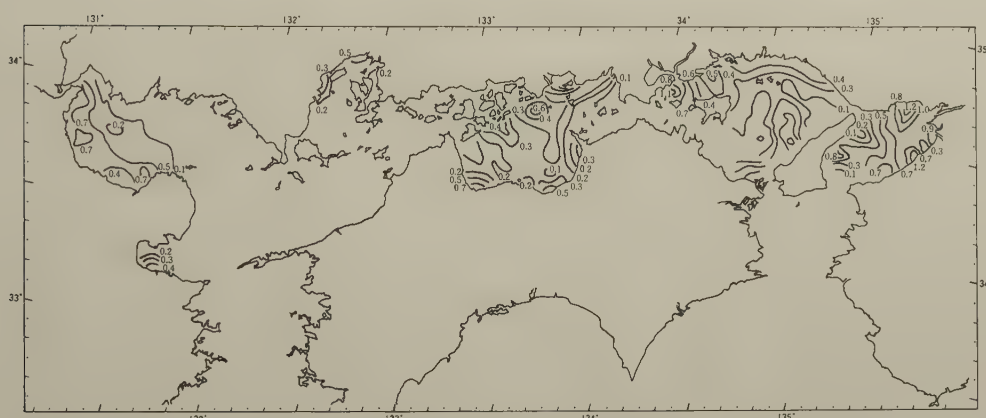


Fig. 6. Total-S (mg/g) content of the bottom mud at upper 5cm layer in the Seto Inland Sea. (Aug.-Oct., 1974.)

high contents of nitrogen and phosphorus (3.0mg/g and 1.5mg/g respectively) due to the water containing much dissolved inorganic nitrogen (DIN) and phosphorus (DIP) exists in the mud. According to Ukita et al,[3] the mud column collected off Iwakuni, Mitajiri, Tokuyama and Ube are black in color at the surface, but to fade graduary as deeper layer. Generally, nitrogen and phosphorus contents at upper 5cm layer are 2 or3 times and 1.5 or 2 times as much as those under 20cm layer respectively. Nitrogen and phosphorus contents are especially high in Mitaziri bay polluted by the brewing waste water, they are 15mg/g and 2-3mg/g at upper 20cm layer of the mud column respectively, and N/P ratio is 6 or 7. Generally, in black surface layer is much in nutrients more

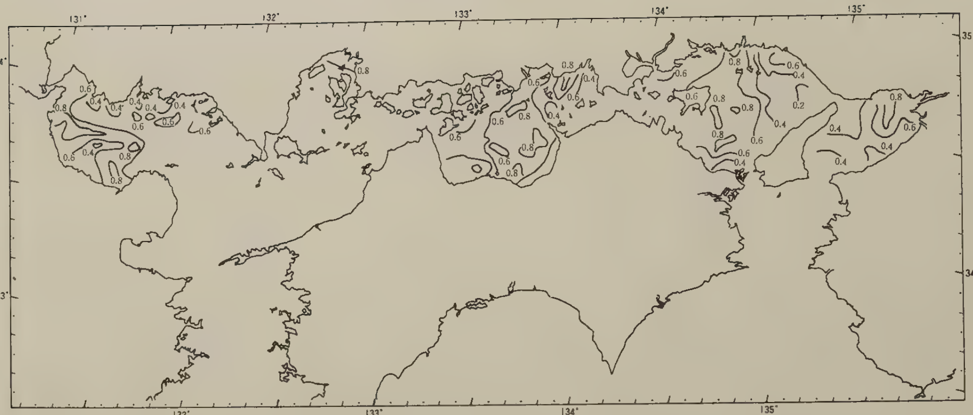


Fig. 7. P (mg/g) content of the bottom mud at upper 5 cm layer in the Seto Inland Sea. (Aug.-Oct., 1974.)

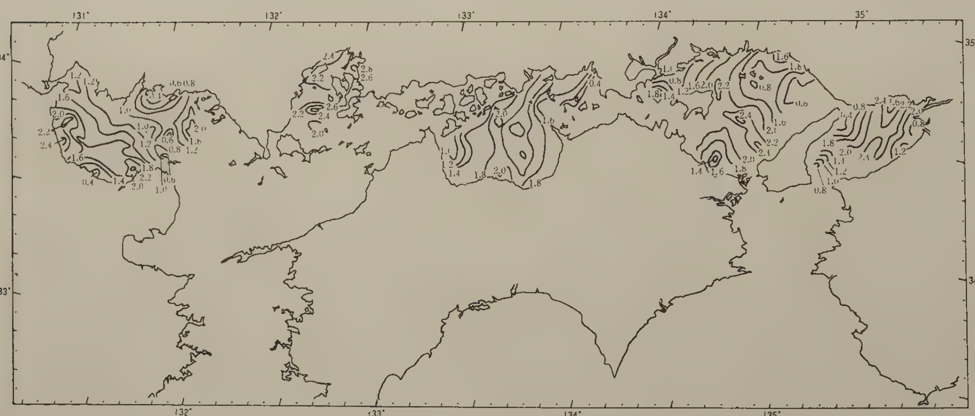


Fig. 8. N (mg/g) content of the bottom mud at upper 5 cm layer in the Seto Inland Sea. (Aug.-Oct., 1974.)

in greenish gray deeper layer, nitrogen is 2-3 mg/g, phosphorus is ca. 1 mg/g, and N/P ratio is 3-10 in the former, and N/P ratio is ca. 2.5 in the latter. Although nitrogen and phosphorus contents were determined only in the upper 5 cm layer in the investigation in 1974, usually nitrogen is 1-2 mg/g and phosphorus is 0.5-1 mg/g. The highest value of N/P ratio (3.3) is observed in Osaka bay and Hiroshima bay, and nitrogen content is 2.8 mg/g in both regions. On the contrary, lower values (1.1 and 1.6) of N/P ratio were obtained in Iyo Nada and Kii channel respectively, and nitrogen content is 1.2 mg/g in Iyo Nada and 1.3 mg/g in Kii channel.

In 28 regions, the coastal area was more polluted than the offshore. As

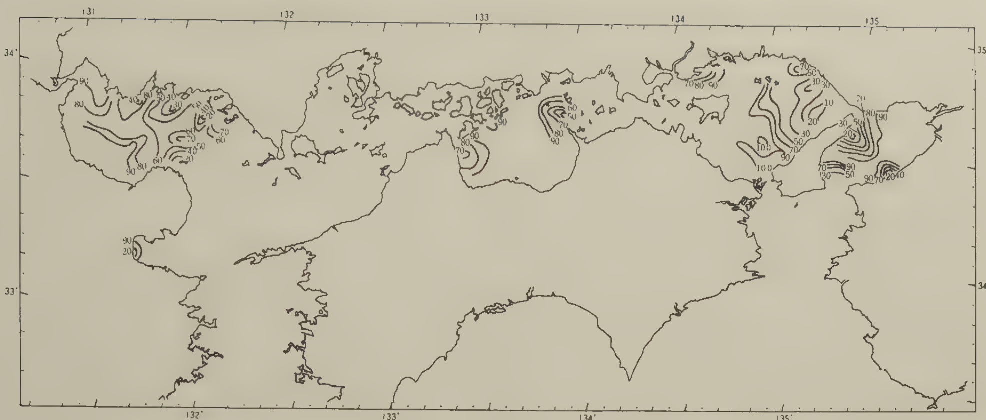


Fig. 9. Composition (%) of silt (dia. 225μ) of the bottom mud at upper 5 cm layer in the Seto Inland Sea (Aug.-Oct., 1974.)

Table 3. Quality of bottom materials in several sea regions in the Seto Inland Sea, Aug.-Oct., 1974

Item \ Sea Region		Suho Nada	Hiroshima Bay	Iyo Nada	Bingo Nada	Hiuchi Nad	Bisan Strait	Harima Nada	Osaka Bay	Kii Suido	inner Beppu Bay
COD (mg/g)	Max.	26.2	40.7	7.8	23.2	20.3	12.9	23.1	21.8	12.9	39.6
	Av.	14.3	23.5	4.2	10.3	8.3	7.8	12.1	6.6	10.0	18.1
	Min.	4.3	12.8	1.3	2.5	2.0	2.4	1.2	1.3	6.4	2.3
IL (%)	Max.	16.5	17.8	12.8	14.8	13.8	12.0	13.8	14.0	8.4	18.8
	Av.	11.0	12.8	8.5	11.0	10.7	8.6	9.6	10.0	6.8	14.2
	Min.	3.1	9.2	4.7	8.4	6.8	2.7	2.6	3.5	3.6	1.8
Total-S (mg/g)	Max.	1.0	0.6	0.1	0.9	0.4	0.8	1.2	1.3	0.3	1.4
	Av.	0.3	0.2	0.0	0.4	0.2	0.3	0.3	0.5	0.1	0.3
	Min.	0.01	0.04	0.01	0.1	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
P (mg/g)	Max.	1.1	0.9	1.2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.5
	Av.	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.9
	Min.	0.2	0.6	0.4	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.7	0.5
N (mg/g)	Max.	2.5	2.8	1.2	2.5	2.3	1.9	2.5	2.8	1.3	3.0
	Av.	1.6	2.3	0.7	1.9	1.7	1.3	1.7	1.2	1.1	2.2
	Min.	0.4	2.0	0.3	1.4	0.9	0.3	0.4	0.4	0.6	0.4
Compo. of Mud (%)	Max.	100.0	99.4	77.5	99.7	99.9	95.7	99.5	99.0	99.2	99.9
	Av.	75.9	97.6	38.3	97.2	94.8	61.3	81.6	53.1	93.3	91.8
	Min.	10.3	94.2	1.1	86.2	63.2	12.0	3.7	9.8	77.1	14.5

Table 4. Quality of bottom materials in special selected sea regions in the Seto Inland Sea, Aug.-Sept., 1974.

Item \ Sea region		Hiro Bay	off Otake	off Iwakuni	off Hofu	off Mishima and Kawanoe	off Sakai
COD (mg/g)	Max.	55.7	51.4	47.1	16.5	46.8	23.7
	Av.	18.5	27.6	26.4	9.7	16.5	15.7
	Min.	10.1	12.6	15.9	3.3	5.9	7.6
IL (%)	Max.	13.2	27.8	16.4	19.6	19.1	14.4
	Av.	10.2	14.1	13.0	7.3	11.4	11.4
	Min.	8.2	7.5	10.7	2.2	3.5	7.9
Total-S (mg/g)	Max.	1.2	0.7	1.6	0.3	1.2	2.1
	Av.	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	1.0
	Min.	0.02	0.03	0.07	0.01	0.01	0.2
P (mg/g)	Max.	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	1.1
	Av.	0.6	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7
	Min.	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4
N (mg/g)	Max.	2.5	3.5	2.9	3.9	2.8	2.7
	Av.	1.8	2.5	2.2	1.3	1.7	2.1
	Min.	1.4	1.4	1.8	0.3	0.6	1.4
Compo. of Mud (%)	Max.	99.6	99.1	99.9	99.4	100.0	100.0
	Av.	89.8	94.3	96.2	63.0	86.2	99.5
	Min.	34.6	34.4	72.9	2.5	3.3	96.0

shown in Table 4, the heavily polluted areas were as follows; off Otake and Iwakuni in Hiroshima bay, Hiro bay in Aki Nada, the inner part of Beppu bay, off Mishima and Kawanoe in Hiuchi Nada, off Sakai in Osaka bay. The major pollution sources are the paper mill waste water in Hiro bay, off Otake and Iwakuni and off Mishima and Kawanoe, and the brewing waste water off Hofu, and the sewage off Sakai, and the sewage and the iron work and oil refinery waste waters at the inner part of Beppu bay. The characteristic of the mud pollution relates to the kind of pollutant. For example, in the polluted area by the paper mill waste water, COD and IL values are high. By the brewing waste water, nitrogen content is high and COD and total-S values are low, but total-S and nutrients values are high in the polluted area by the sewage. Until 1973, ca. 3,000kl of human waste was discharged a day in the Seto Inland Sea, 740kl in the central part of Osaka bay and 620kl in Hiroshima bay etc. It was released off Otake and Iwakuni in Hiroshima bay, so the high contents of nitrogen and phosphorus in this region is due to the discharges. The distribution of COD in upper 5cm layer of the bottom mud at 71 stations off Iwakuni are shown in Fig. 10. The paper mill waste water of 10^5 ton per day in Otake,



Fig. 10. COD (mg/g) value of the bottom mud at upper 5 cm layer off Otake and Iwakuni.
(22nd-25th, Aug., 1974.)

and 3×10^5 ton per day of the same water and the refinery, the petrochemical industry, the rayon manufactory and the airport waste water in Iwakuni are the main sources of pollutants in these areas. Until the 1970's, untreated pulp mill waste water discharged to the sea, so brown color discharged water mass forming bubbles existed at the coast. Near the drainage, COD of the bottom mud was ca. 40 mg/g and was also ca. 30mg/g as far as 3-4km away from the coast. In the environmental water quality standard for fisheries,[4] the desirable COD of the bottom mud is lower than 20 mg/g. Such bottom mud was observed only around Atada island as far as 4-5 km from the coast at that time. The bottom mud off Iwakuni and Otake has already polluted seriously since the 1950's, COD was 40-56 mg/g 0.5 km off the coast between Oze river and Imazu river in October 1951.

Considering the vertical distribution of COD value, at the station having over 30 mg/g in COD of the bottom mud at upper 5 cm layer, COD is 20 mg/g at upper 30 cm layer usually. There is a station (Iwakuni St. 5) where COD is 31.8 mg/g at upper 5 cm layer, 33.0 mg/g at 15-20 cm layer, 21.3 mg/g at 30-35 cm layer, 21.8 mg/g at 81-86 cm layer, and 24.6 mg/g at 130-150 cm layer of the mud column. The maximum COD is 46.8 mg/g at upper 5 cm layer off Kawanoe and Mishima where the discharged paper mill waste water is as much as in the Iwakuni and Otake district. COD in the upper layer of the bottom mud is not so different in two sea regions, but the layer of high COD is restricted only to the thin surface layer of the bottom mud off Mishima and Kawanoe. The value of COD over 20 mg/g is not avairable in the layer deeper than 25cm in that region. Thus it is considered as follows; the region off Otake and Iwakuni is located in the western part of Hiroshima bay and is closed by the offshore current. On the contrary, the area off Mishima and kawanoe is located at the coast of the stagnant region, the eastern part of Hiuchi Nada. This region is not closed by the current at offshore, so the polluted mud is spread all over the eastern part of Hiuchi Nada. The paper mill waste water of ca. 10^5 ton per day is discharged into the inner part of Hiro bay. In this region, the area of the polluted mud is restricted within narrow limits near the drainage. Distrbu-

tion of high COD value stations are limited in a circle having the center at the point of the drainage, and the values are over 30 mg/g and 20 mg/g at the as far as 1 km and 2 km away from the drainage, respectively. Vertically, COD is over 20 mg/g at upper 50cm layer of the bottom mud, and 30 mg/g is at upper 25cm layer only. Hiro bay is narrow and has a wide mouth opening to Aki Nada. The exchange of water between in and out of this bay is rather soomth, so the colored waste water mass extents to the outer part of the bay occasionally. Under these circumstances, the fiber of the pulp in the waste water does not deposit on the bottom mud thickly. Therefore, it can be said that the horizontal and vertical distributions of the polluted bottom mud are ruled by the current and the configuration in the sea.

The amount of the polluted mud was estimated as follows: at first, COD in every 25 cm layer of the mud column was obtained at each station from the vertical distribution of COD. Stations where the bottom consists of the sand or the rock are excluded by the grain composition and the results of the echo sounder investigation. The area is devided into several blocks by lining the above-mentioned stations. The volume of each layer in every blocks was obtained multipling the dimensions by the thickness (25cm). Accumulative curve of the polluted mud volume in each layer of the bottom mud column in each examined sea region, as shown in Fig. 11 (upper 25 cm layer in Hiroshima bay), is calculated with the percentage of the mud volume in every layer as a vertical axis, and the average COD in each block as a horizontal axis. From this figure, the volume of the polluted mud in every COD range can be estimated multipling the whole volume of the mud by the percentage in the accumulative curve. The amount of the polluted bottom mud estimated by COD at each region in the Seto Inland Sea is shown in Table 5. The volume of polluted bottom mud over 30 mg/g of COD value exists ca. 8×10^6 m^3 in the Seto Inland Sea, and 92% of it is in Hiroshima bay, and over 40 mg/g exists as much as 10^6 m^3 and 85% of it also in the same bay. Although the pollution is slight in Aki Nada and Iyo Nada because of the relatively strong current, the polluted bottom mud exists at Hiro bay in Aki Nada and the inner part of Beppu bay in Iyo Nada, as shown in Table 5.

According to the research in August 1975, the volumes of the polluted mud over 30 mg/g and 40 mg/g of COD values are 488×10^5 m^3 and 71×10^5 m^3 in Ise and Mikawa bay, respectively. Although the area of Ise and Mikawa bay is a tenth of the Seto Inland Sea, seven times volume of the polluted mud exists in Ise and Mikawa bay. It is supposed that this is due to the difference of the water exchanges in both regions. According to the Environment Agency, the

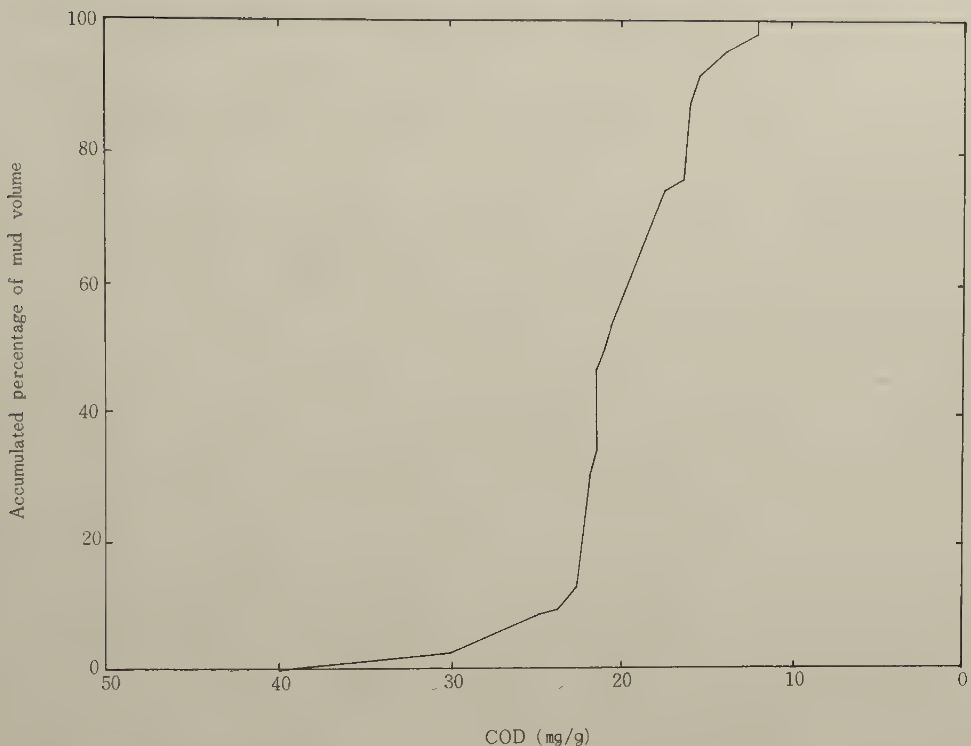


Fig. 11. Accumulative curve of polluted bottom mud at upper 5 cm layer in Hiroshima Bay. (Aug., 1974.)

Table 5. Volume of polluted bottom mud in several sea regions in the Seto Inland Sea, Aug.-Oct., 1974. $X10^4$ m^3

Sea regiom	COD mg/g Area (km^2)	15	20	30	40	50
Osaka Bay	1,529	5,523.1	1,211.2	4.5	—	—
Kii Suido	1,554	21.3	—	—	—	—
Harima Nada	3,462	1,964.5	589.6	7.1	—	-
Bisan Strait	916	61.9	—	—	—	—
Bingo Nada	954	1,400.1	464.4	—	—	—
Hiuchi Nada	954	878.1	119.8	14.4	6.4	—
Aki Nada	963	608.5	58.3	26.5	8.8	4.1
Hiroshima Bay	946	75,737.0	22,115.1	725.6	87.0	0.7
Beppu Bay Iyo Nada	3,974	4,076.5	363,5	12.3	—	—
Suho Nada	3,100	17,633.2	794.0	—	—	—
Total	18,352	107,904.2	25,715.9	790.4	102.2	4.8

pollution load of COD is 1,600 ton per day in the Seto Inland Sea in 1972, and is 600 ton per day in Ise and Mikawa bay in 1973.

3. Removal experiment of organic polluted bottom mud in fisheries ground

The red tide in the Seto Inland Sea breaks out frequently since the latter half of the '70s, as shown in Fig. 12. Recently, the red tide breaks out about 300 times a year in that sea. According to it, the red tide breaks spreadly in all the Seto Inland Sea and continues for long time in a whole year. A kind of red tide plankton changes to Flagellates from Diatoms. In a word, the red tide in the Seto Inland Sea is becoming wores recently. Especially, the red tide by *Hornellia* (Chloromonadophyceae) breaks out in large scale in warm season, from July to September, and damages cultured yellowtail severely. The number of cases of the red tide harmful to fisheries shown in Fig. 12, has not connected with the scale of the damage. But, for example, in the case of the red tide by *Hornellia* in Harima Nada and the western part of Kii Suido in summer 1972, the damage in fisheries was record-breaking to kill the cultured yellowtails valued as ca. 7 billion Yen. It is clear that such deterioration of the red tide in the Seto Inland Sea owes much to the excess of the eutrophication in inshore waters. Since 1973, Fisheries Ageney has been carrying out the realization project of removing the polluted mud to reduce the eutrophication, for the purpose of avoiding the fisheries damages.

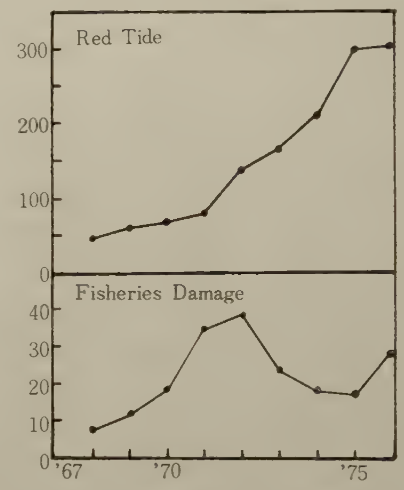


Fig. 12. Frequency of red tide and fisheries damage in the Seto Inland Sea. (1967-1975)

The experiment was carried out by the joint venture of "world Ocean System Co." and "Fuyo Ocean Development Co." at Yura in Awaji Is. in 1973, at Sagoshi bay in Ako city in 1974, Aboshi bay in Himeji city in 1975. In 1976, it will be carried out at Ie Is. in Harima Nada. In this project, the organic polluted bottom mud in the yellowtail nurseries or off the river mouth is dredged in order to prevent the diffusion of mud. The dredged mud transferred to the sedimentation pontoon at 600 m distant by a suction pipe on the sea surface, then the mud is treated through the processes of coagulation, sedimentation and dehydration. The separated water is filtered, then discharged to sea. The settled

sludge is hardened, then dumped on the reserved land area. The flow sheet of the experiment carried out for Aboshi bay is shown in Fig. 13. The bottom mud off the mouth of Ibo river is black in color and smells of hydrogen sulfide, 34-85 mg/g of COD value, and much of sulfide and total chromium.

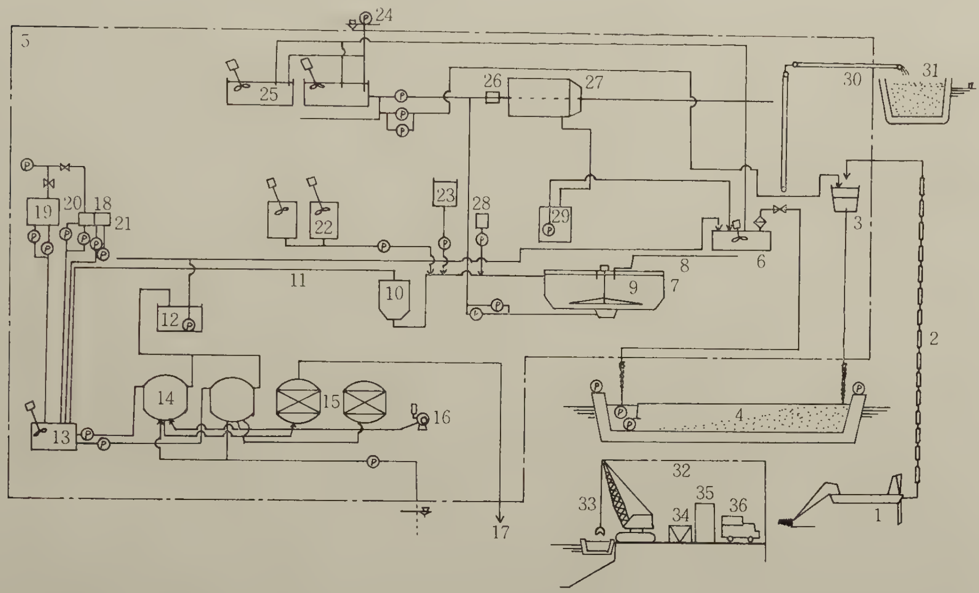


Fig. 13. Flow sheet of withdrawal and treatment of polluted bottom mud.

1. dredger (180m^3/h) 2. pipe on sea surface 3. screen 4. storage barge 5. treatmnt pontoon 6. coagulation tank 7. sludge collector 8. concentration tank 9. thickener (140 m^3) 10. super-high rate pelletizing and sedimentation unit (PBS type) 11. separated water 12. back washing waste water tank 13. chlorinated reaction tank 14. filter 15. activated carbon absorption 16. back washing blower 17. effluent 18. sulfuric acid storage tank 19. NaC10 storage tank 20. NaOH storage tank 21. polymer dissolved tank 22. P. B. S. polymer dissolved tank 23. aluminium sulfate storage tank 24. sea water pump 25. polymer dissolved tank 26. sludge mixing trough 27. dehydrum 28. sulfuric acid storage tank 29. separated water tank 30. belt conveyor 31. barge (300 m^3) 32. discharging wharf 33. cramshell bucket 34. hopper 35. cement silo 36. mixing car

The bottom sediment dredger equipped with a suction mouth which has movable wings and a variable volume (0-1, 500 m^3/hr) volute pump dredges the polluted bottom mud at the speed of 1,900 m^3 of the mixture per hour. The mud is 50-60 cm in thickness, 5,700 m^2 in extent and 2-2.5 m under sea surface. The quality of the mud is 30% in average concentration of mud 11μ in 60% grain size. The dredged mud is ca. 3,100 m^3 in bottom. Two sedimentation pontoons

of 600 m^3 volume are used, one for sedimentation and the other for discharging the sludge. The volume of the sludge is 30 to 50% of the dredged mixture. Often the screen is clogged with depositted vinyl sheet or grass, so the volume and the mud concentration of the supernatant transferred to the treatment pontoon varies in several times. The treatment pontoon has a treating capacity of 50 m^3 per hour. Alum and polymer are poured into the supernatant as an coagulant, under the proper condition of pH regulated with sulfuric acid and sodium hydroxide, then sodium hypochloride is used for denitrification. The raw water is treated through the thickener and the dehydrum. Finally, the supernatant is treated with the activated charcoal to remove the residual chlorine, then the water discharged to sea after confirming the security for marine organisms by the bioassay with minows. The effluent water quality standard is described as follows; "$SS<20$ mg/l, $NH_4-N<1$ mg/l, free chlorine <0.05 mg/l, $H_2S<1$ mg/l, $pH<9$" and the heavy metals and harmful substances are discharged in the concentration less than the quality standard as shown in the water Pollution Control Law. The settled sludge in the sedimentation pontoon and the dehydrated cake from the dehydrum are landed, and mixed with cement, then dumped on the reclaimed land and covered the surface with sand.

Essentially, this experiment is aim to remove an organic polluted bottom mud without the effects to the sea and the red tide, so the effect to the surrounding sea and the breaking of the red tide is also estimated during the experiment. As a result, there was no direct effect due to the experiment except the increase of NH_4-N concentration in sea water. On the other hand, the experiment with the red tide plankton culture is carried out to make clear the effects of the effluent to the breaking out of the red tide. Cultures of *Hornellia* and *Olisthodiscus* are added with sea water to the filtered effluent. They are kept during two weeks under the condition of water temperature: 20°-30°C and illumination: 4,000 Lux, (illuminated 12 hrs per day). As a result, each culture was not increased in growth rate. On the contrary, the growth rate was inhibited, and, sometimes, the *Hornellia* culture and also minows as a monitor of the harmlessness of the effluent were killed, probably due to the high concentration of NH_4-N and residual chlorine and chloramine in the effluent.

On this project, it is the most difficult how to deal with the newly deposited materials on the surface of polluted mud. As above mentioned, the eutrophicated bottom mud is a secondary origin of nitrogen and phosphorus to the bottom water. They are released from upper 15 or 20 cm surface layer of the bottom mud mainly. But the detritus suspendig in sea water is more important as a secondary origin. It is settling gradually, then concentrates in the water layer 1 or 2 m above the bottom mud, finally it deposits as newly deposited materials.

So, generally in many polluted sea, there is the newly deposited materials in different color in several mm thickness, and suspends the concentrated detritus in the water layer contact with bottom surface. It is the same as the case of the fiber waste from the pulp mill. In this project, the mud is dredged by a dredging pump to prevent the diffusion of mud, but is can not be applicable always to the newly deposited materials or the concentrated detritus. It is important to examine this problem, especially in the case of polluted bottom mud caused by the pulp fiber.

At the decision of removing area, it is necessary to make clear the mechanism of the effect in fisheries and the significe of the mud in the polluting environment. Of course, the balance between the scale of damages and the cost of removal treatment must be examined when the project is carried out commercially, but it is more important that the remove must be decided reasonably in the view point of pollution mechanism. Once the remove is decided, the quality, the range, the thickness of the mud and the time to remove must be examined through the research on the distribution of bottom mud and detritus.

The quality of mud represented by the parameters indicating the pollution such as COD, IL, N, P, total-S and size composition of mud and so on. Moreover, toxicity, heavy metals and oil may be necessary according to the circumstances. These parameters must be measured vertically and horizontally as in detail as possible, not only on mud but on deposit and detritus, together with the releasing rate. Unsoluble nitrogen and phosphorus in the bottom mud do not acceralate the eutrophication in the sea water, but once these nutrients change into soluble state due to the bacterial action or the lowering of pH in sea water, they are added into the bottom layer sea water through the water exists in the bottom mud. Moreover, nitrogen and phosphorus also are released from the newly deposited materials or suspending detritus directly. These processes are very important according to the eutrophication in inshore waters. But, unfortunately, we have no effective method to sample the detritus, the newly deposit and the water in mud, so it is necessary to develop the method in the further project. When the project is carried out in the water of lacked dissolved oxygen, it is desirable to measure DO content continuously in time and space with the DO meter.

After the conditions in bottom mud and bottom layer water are cleared, then the range of values in each parameter of the polluted mud to remove must be decided. The desirable quality of the bottom mud in the fisheries ground are protested in "the environmental water quality standard in the fisheries ground" such as "COD is below 20 mg/g, total-S is below 0.2 mg/g, the concentratration

of the n-hexane soluble matter is less than 1% and no harmful substances in soluble state.[4]" As a matter of course, the qualities in the polluted bottom mud in the stagnant region in the seto Inland Sea and so on are heavily worse than those in the standard. So, it can not be adopted these values in the standard as a lower limit of qualities of the bottom mud to remove. In this experiment, 30 mg/g in COD is decided as one of the objects in the removing of the organic polluted mud. But, according to the results in III, from the economical point of view, the objects might be considered such as "40mg/g in COD, 15-20% in IL, 1mg/g in total-S, 1mg/g in total-P, 2-3mg/g in total-N."

As mentioned above, the minimum limit of the quality of the polluted mud to remove should be decided from the view point of the pollution mechanism more than the cost, in case by case. The thickness of the mud to remove may be 20 to 30cm in general. The distribution of the polluted mud must be estimated vertically and horizontally by the boring test in many stations and the echo sounder investigation. As a conclusion, it is necessary to establish the standard for removing of the mud as fast as in carrying out of this project.

The project of removing the polluted mud should be completed with the estimation of the effects to the improvement of the fisheries ground environments. The method has not been discussed yet in our experiment, but it is desirable to establish the method how to estimate the effects not only in the improvement of the environment and the reduction of the fiisheries damage, but in the technical problem such as the removing efficiency.

4. Conclusion

In marine pollution, the turbidity in the surface water or the colored waste water mass are recognized directly. But, in general, the toxicity and heavy metal contamination to the fisheries catch or the bottom mud pollution can not be detected easily. They can be recognised at the first time by the red tide or the polluted catch and the death of fishes usually. Especially on the bottom mud pollution, there are only few results of research. Moreover, it is very difficult to carry out the research itself due to the pollution and its damage occur at the bottom of the sea. Only in the Seto Inland Sea, the results are increasing gradually due to the successive fisheries damages to compare with the other inshore waters. So the bottom mud pollution and the mechanism of the influence by it being to be cleared in that sae gradually. Now the importance of the bottom mud removing is recognized as a countermeasure to the marine pollution. On the other hand, the reclamation and the dredge are carrying out frequently in inshore waters, so the polluted bottom mud can not be disregarded as a secondary origin of the pollution load to sea already. It is

naturally that the regulation of the reclamation and the pollution load is a basic countermeasure to the marine and bottom mud pollution. But, on the other hand, in the polluted inshore waters, such as the Seto Inland Sea, it is also important to remove the pollution load in bottom mud. The progress of the research on the polluted bottom mud is desirable strongly for the protection of the marine environments.

Summary

An organic pollution of bottom mud in the Seto Inland Sea has been observed near by the pulp mill waste water drain since the 1950's. By the 1970's, the polluted bottom mud area grew further to the offshore. (Fig. 3)

Fisheries Agency examined the organic pollution of bottom mud in the Seto Inland Sea from August to October in 1974. (Fig. 1,2, Table 1,2) According to the project, concentration areas of the polluted mud were observed in Osaka bay, the eastern part of Hiuchi Nada, Hiroshima bay, Beppu bay and some other areas. (Fig. 4-9, Table 3,4) The upper 20 to 30cm layer of the bottom mud was polluted heavily. The volume of the organic polluted bottom mud (COD>40mg/g) is 10^6 m^3 in the Seto Inland Sea, and 85% of the mud exists in Hiroshima bay. (Fig. 10. 11, Table 5)

On the other hand, the red tide in the Seto Inland Sea became harmful since the 1960's. It is proved that the breaking out of the red tide owes much to the excess of eutrophication in inshore waters, and the organic polluted bottom mud contributes to the eutrophication. Since 1973, Fisheries Agency has been carrying out the realization project of removing the polluted mud to reduce the eutrophication.

In this project, the organic polluted bottom mud is dredged by a dredging pump equipped with a variable volume volute pump in order to prevent the diffusion of mud. The dredged mud is transferred to the treatment pontoon by a suction pipe, then the mud is treated through the processes of coagulation, sedimentation and dehydration. The activated charcoal is used to filter the separated water, then the water discharged to sea. The settled sludge is hardened with cement then dumped on the reserved land area. (Fig. 13)

There are some problems left in our experiment; the method of removing the newly deposited materials on the surface of polluted bottom mud or concentrated detritus in the water layer contact with the bottom surface.

References

1) Fisheries Agency, 1975, 1976: Report of the Basic Research on Improvement and Recovery in Fisheries Ground. (1974, 1975).

2) Tokai and Nansei Reg. Fish. Res. Labs., Fish. Coll., 1974: Report of the Circulation of the Pollution Load in Ecosystem and the Index Species for the Pollution. (1973).

3) Ukita, M., H. Nakanishi and M. Amaya, 1975: On some problems in the estimation of released nitrogen and phosporus from the bottom mud. J. Water and Waste, **17**, 1392-1401.

4) Japan Fisheries Resources Conservation Ass., 1972: Water Quality Standard for Fisheries.

5) Nitta, T., K. Arakawa, H. Sugimoto and M. Fujiya, 1953: Study on pollution by industrial sewage. Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab., **3**, 1-84.

6) Japan Fisheries Resources Conservation Ass., 1975, 1976: Report of the Realization Project of Preventing and Removing the Red Tide. (1974, 1975).

瀬戸内海における底質の有機汚染とその除去

村　上　彰　男

瀬戸内海の底泥汚染は、局地的にはパルプ廃水の排出口周辺などで1950年代から認められていたが，1970年代には既に沖合にまで拡大した。

1974年８～10月の有機汚染泥調査によると集中汚染域は大阪湾，燧灘東部，広島湾，別府湾などにみられる。泥層別には，20～30cm以浅の層の汚染が著しい。COD40mg/ｇ 以上の泥は瀬戸内海全域に10^6 m^{3}存在し，その85％は広島湾にある。

こういった汚染泥は赤潮の悪質化の一因であることから，漁場環境保全対策の一環として1973年から有機汚染泥回収の事業化試験が行われている。可動翼付きの浚渫ポンプで拡散を防止しつつ浚渫し，パイプで処理船に送って凝集剤を加えて沈んで脱水し，分離水は沪過して水質悪化のおそれのないように処理し，安全を確かめてから海に放流し，沈でん物は固化して陸上の土捨場にすてた。汚染泥表層の新生堆積物や直上海水層中の濃密なデトライタスの回収などの点になお検討の余地が残されている。

なお，本論文は第２回有害底質の処理処分に関する日米専門家会議（於，東京1976年10月25～28日）において発表した。

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 73～86 (1977)

生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—II

底生動物群集と関連した底魚群集の変動

今林　博道・花岡　資・矢野　実

Feeding Activities of Juvenile and Young Red Sea Bream, *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL, in the Biotic Community-II.

Change of the Demersal Fish Communities, Related with Benthos Ones

Hiromichi IMABAYASHI*-1, Tasuku HANAOKA*-2 and Minoru YANO

This report aims at makig clear whether a correspondence exists or not between the demersal fish community including the red sea bream (*Chrysophrys major*) as a main constituent and the benthos community upon which the former depends, in the biotic communities at st. A and st. B of Hosonosu, the Seto Inland Sea.

Dynamic change of the composition of the communities during 1969-1972 was studied, paying a carefull attention to the abundance of the red sea bream.

(1) At st. A where year-round or seasnal resident species, the red velvetfish (*Hypodytes rubripinnis*), the network filefish (*Rudarius ercodes*) and the black rockfish (*Sebastes inermis*) predominated, the demersal fish community kept a considerably stable structure, except the times when the red sea bream migrated in or out.

(2) At st. B, the demersal fish community fluctuated in the order of predominancy.

(3) At st. A, the fluctuation pattern of the demersal fish community showed a good correspondence with that of the benthos community. The predominant species was the red sea bream in the former community and small crustaceans, Gammaridea, in the later one, during the period when both the communities showed structures stable but different from those in other period. During the period, Gammaridea occupied a large proprtion of the total contents of the stomach of the red sea bream. Predominant species of Gammaridea in the benthos fauna was a certain species of *Corophium*.

(4) At st. B where small number of fish appeared than st. A, the demersal fish community did not show a direct correspondence with the benthos community in the fluctuation pattern. Among Gammaridea, *Pontogeneia* and *Eurystheus* were found much in the benthos fauna, but not much in the stomach contents of the fishes.

1977年7月1日受理　南西海区水産研究所業績69号

*-1　九州大学農学部 Faculty of Agriculture, Kyushu University
*-2　日本大学農獣医学部 Faculty of Agriculture & Veterinary Medicine, Nihon University

前報の研究[1]では、三原水道細ノ州水域の生物群集内における幼魚期のマダイの種間関係，すなわちマダイと元来互いに生活様式が類似し、数量的に卓越しているハオコゼとアミメハギに限定して，三種相互の餌生物をめぐる競合関係を検討した。その結果，この競合関係の成立を裏付ける事象が解析されたが，三種間のこのような競合関係と，これをもたらす要因としての環境内の摂餌可能な餌生物の組成や量の変動との関連を明らかにすることが必要である。それで本報では，マダイ個体群の動態に伴って生じる時期的な底魚群集の組成およびその変動様式と、底魚の中心的な摂餌基盤となっている底生動物の組成およびその変動様式を対応させることによって，両群集間に見出される関連性について考察を加えた。この場合，まずそれぞれの群集内で主な量を示した魚と餌生物の種類を明らかにし，その魚種がマダイである場合には，その胃内容物組成に底生動物群集の組成がそのまま強く反映しうるかどうかを合わせて検討した。

細ノ州水域に生息する底魚群集の時期的推移の概要に関しては，1970年の標本を用いた解析結果があり[2]，マダイの成育場には従来アミメハギ群集が成立しているが，マダイの加入・逸散にからんでその組成に変化が現れると報告している。この他，海産底魚群集の推移を取り扱った報告例[3,4]は，その組成的解析だけにとどまり，利用される環境内餌生物の影響については言及していない。

本研究は，別枠研究「浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究」の研究チームに参加し実施したものである。調査の遂行に当ってフィールドにおける標本採集については，南西海区水産研究所内海資源部高森茂樹，国行一正両主任研究官に負うところが大であった。玆に厚く謝意を表します。餌生物の採集や分類方法に関して有益なご援助，ご指導を与えていただいた九州大学教授菊池泰二博士に謝意を表します。また研究成果の発表についてその機会を与えていただいた所長花村宣彦博士ならびに多くの助言をいただいた内海資源部長多々良薫博士さらに本研究遂行のため終始懇切な激励をいただいた九州大学教授板沢靖男博士に謝意を表します。

材料および方法

底魚群集の採集は st. A，st. B（Fig. 1）において，1969年[5]，1971年[6]，1972年に小型の試験底曳網を用いて実施した。その詳細な方法と漁具については前報[1]で述べた1972年の場合と同じである。

環境内餌生物の採集は1972年に試験底曳網と平行して行われたが，予備調査の結果からマダイなどの底魚にとって主要な餌生物の生息場所と考えられる海底堆積物表層にいる大型底生動物(macrobenthos)を対象とした。特に Polychaeta，Mollusca（貝類）に比べて摂食される頻度が高く餌生物として重要であると思われる Gammaridea, Macrura, Brachyura などの小型甲殻類に重点をおくため，Ockelmann sledge[7]（網口15×30cm，長さ95cmの鉄製矩形枠に浮遊生物用網地使用）を用いた。曳網時間は3分間とした。標本は直ちに篩(mesh 32, opening 500μ)で選別した後，10%ホルマリンで固定し感度1mgの天秤を用いて湿重量測定と個体数の算定を行った。その際，採集量の多い標本はまず大型生物（mesh 10 以上，個体当り1g以下）と小型生物（mesh 10 以下）に篩で分け，前者についてはその全部，後者については 1/2～1/32（500～200mg）の分割標本のそれぞれの組成を調べた後，両者を合わせて環境内の餌生物群集（底生動物群集）の代表とした。

結　　果

底魚群集組成の年度別推移

従来の資料も含めて1969年より1972年までのうち3年度（調査期間，6～8月または9月）について，細ノ州水域内における底魚群集組成の年変化の概略を調査場所別に整理すると Tables 1—2 のとおりである。

st. A では，1972年に数量的に卓越しているマダイ・ハオコゼ・アミメハギの群集内における優位性は[1]，

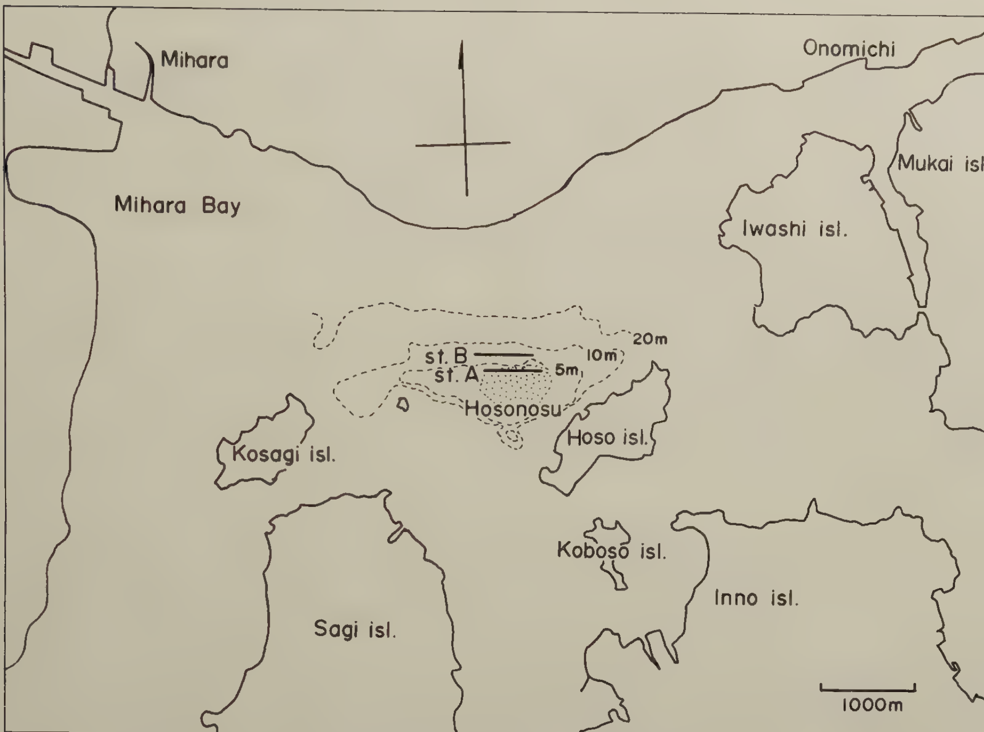


Fig. 1. Map of Hosonosu in the Bingo-Nada, Seto Inland sea.
—— : The station where the net hauls (small type drag net) were made.

Table 1. Annual change of species composition (%) of the demersal fish community at st. A.

Year	1969			1971			1972+		
Number of net hauls	21			26			22		
Number of species	20			21			25		
Total catch number	1,738			1,466			3,205		
Total catch weight (g)	7,876			10,609			24,455		
Fish	Number	Weight	Frequency of appearance*	Number	Weight	Frequency of appearance*	Number	Weight	Frequency of appearance*
Chrysophrys major	10.9	2.5	61.9	6.5	2.2	53.8	14.2	8.3	81.8
Hypodytes rubripinnis	14.1	32.2	100.0	44.5	53.3	100.0	51.8	60.3	86.4
Rudarius ercodes	67.7	31.3	100.0	30.4	11.5	100.0	27.1	11.4	100.0
Sebastes inermis	2.4	3.3	66.7	10.8	10.0	73.1	2.5	5.1	54.5
Halichoeres poecilopterus	0.2	1.1	14.3	0.3	1.8	11.5	1.5	2.9	68.2
Ditrema temmincki	0.1	0.0	4.8	1.0	0.9	19.2	0.6	1.3	27.3
Triakis scyllia	0.5	8.5	14.3	0.3	3.0	11.5	0.4	4.3	27.3
Zebrias japonicus	0.1	0.5	9.5	0.2	0.9	7.7	0.3	1.0	27.3
Agrammus agrammus	0.4	1.5	19.0	0.7	1.6	23.1	0.3	0.9	31.8
Callionymus richardsoni	1.0	6.2	38.1	1.0	2.9	23.1	0.2	1.3	18.2
Other spp.	2.6	12.9	—	4.3	11.9	—	1.1	3.2	—

* Number of appearance ×100/ number of net hauls
\+ Imabayashi, H. et al.[1]

Table 2. Annual change of species composition (%) of the demersal fish community at st. B.

Year	1969			1971			1972*		
Number of net hauls	18			24			21		
Number of species	17			19			15		
Total catch number	627			354			223		
Total catch weight (g)	2,851			2,614			2,158		
Fish	Number	Weight	Frequency of appearance	Number	Weight	Frequency of appearance	Number	Weight	Frequency of appearance
Chrysophrys major	66.0	29.1	77.8	29.4	8.2	54.2	54.8	21.0	81.0
Hypobytes rubripinnis	0.8	2.3	16.7	15.0	22.0	70.8	2.2	2.4	14.3
Rudarius ercodes	25.5	12.7	72.2	35.6	16.2	79.2	6.7	2.3	33.3
Halichoeres poecilopterus	0.8	7.3	16.7	2.0	11.7	25.0	20.6	25.3	61.9
Callionymus richardsoni	1.4	11.8	44.4	2.3	8.0	16.7			
Hexagrammos otakii	0.8	8.6	11.1	3.1	11.7	33.3	0.4	1.7	4.8
Parapercis sexfaciata	0.5	3.6	11.1	1.1	4.0	16.7	1.3	3.8	14.3
Parapercis ommatura	0.3	0.5	11.1	0.3	0.4	4.2	0.4	0.6	4.8
Inimicus japonicus							1.8	19.4	19.0
Fugu niphobles	1.0	0.5	27.8				0.4	0.1	4.8
Other spp.	2.9	23.6	—	11.2	17.8	—	11.4	25.7	—

* Imabayashi, H. et al.[1]

1969年，1971年でもほぼ同様である。すなわち，それぞれの採集尾数と重量の百分率および曳網ごとに出現する頻度は，全て極めて高い水準を保っている。また，メバルやウミタナゴなど藻場に特有かあるいは一時的に滞留する魚種も少数ではあるが常に出現している。

マダイの生息量がその採集量および出現頻度からみて最も低いと類推される1971年の群集を時期別（6月26日より9月7日までの13調査日）に概観すると，マダイが卓越していた成育期の調査日8月19日を除けば，残りすべての調査日はハオコゼが第1位，アミメハギとメバルがこれに次ぎ，これら藻場定住種[8]によって互いに類似した組成が維持されている。1969年の調査についても同様である。

次に，1曳網当りでみた全魚種とマダイの生息量の関係を検討する。各年度とも全魚種の採集重量中でマダイ自身の占める比率が1％以上の調査日について，その関係を Fig. 2 に示した。マダイの占める比率は，全魚種の採集重量と逆比例をなして増減する傾向が認められるが，とりわけ1972年度についてこの傾向は顕著である。こうした現象は，互いに類似した魚種組成を示す群集内において，マダイがもつ影響力の大きさ，すなわち生態的地位の高さを示唆するとともに，反面マダイが侵入・定着しない場合にみられるこの期間の st. A という場所の群集組成の様相と対応するものとして，群集の生物生産機構に重要な意味をもっていると思われる。しかしながら，群集の密度を

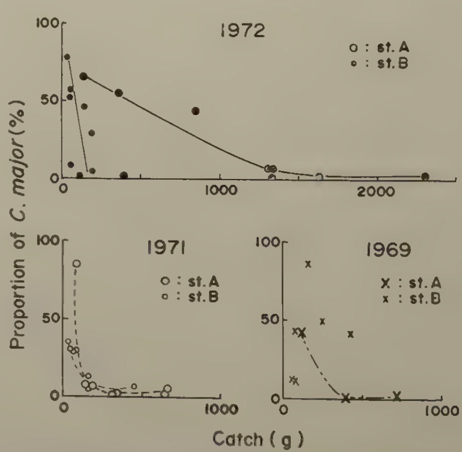


Fig. 2. Relation between catch per net haul and the proportion of *C. major* to the total catch.

あらわす全魚種の採集量はかなり年変化を示し，1972年は1969年・1971年と比較して尾数で1.7〜2.6倍，重量で2.7〜3.0倍と著しく多い。個々の主要構成種についてみても同様で，マダイは1969年と1972年に多く1971年に少ないのに対し，メバルはほぼ反対である。ハオコゼとキュウセンは増加傾向にあり，アミメハギは反対に減少している。

st. B では，st. A とは異なり，一般的に群集の構成種の順位は交替が激しい。1969年ではマダイ・アミメハギ，1971年ではアミメハギ・マダイ・ハオコゼ，1972年ではマダイ・キュウセンの順に並び，各年度において全採集量の70%以上を占めている。また，年度ごと時期別にみても群集組成の順位の変化は激しい。

1969年は全魚種の生息量が最も多く，他2年度と比較して尾数で2.4〜3.3倍，重量で1.5倍である。これをマダイだけについて比べるとこの差異は一層著しくなる。この年度のマダイは，st. A でその密度が相対的に低下していることと考えあわせると，st. B を主要なすみ場所として選んでいることがわかる。1972年にマダイがst. A で多く出現することと対照的である。一方，生息量が最も少ない1971年のマダイは，st. A と st. B にわたって一様に分布している。

底魚群集の時期別推移

1972年の標本について，底魚群集組成の時期別推移を魚種ごとに1曳網当りの採集量として求めると Tables 3—4 のとおりである。

st. A において，マダイがまだ出現しない6月26日より成育期前半にあたる7月25日まで，および移動拡散期である8月18日，29日の7群集は，いずれもハオコゼとアミメハギを主要種とし，これにメバルが加わった互いに類似した組成である。しかし，8月2日より11日までの3群集は，マダイ一種を優占種とする単純でしかも数量的に小さい特異的な構成内容をもつ。この過程をマダイ個体群の消長と結びつけて考えると，マダイはその成育期後半である8月2日より11日までの間，全採集量中漸次増加傾向にあり，重量で86.9〜375.0g，その比率で44.2〜65.2%と群集内において極めて卓越した存在である。その前後の群集では，重量で0〜47.0g，その比率で0〜3.3%を示し，マダイは群集内において密度および組成上非常に低い状態にある。

以上のような変化を示す群集組成に関して，相互の類似性とその推移を明瞭に知るため，次に調査日ごと1曳網当りの魚種別重量組成で代表させて各調査日相互の相関係数を求め，元村[9]の方式に従って図示した（Fig. 3）。6月26日より7月25日までの5群集の系列は，極めて類似した水準を示している。ところが，8月2日になると群集は激しく動き，11日までの3群集の系列はそれ以前と全く異なる水準で互いに類似するようになる。その後，18日と29日の2群集の系列は，再びもとの5系列の水準にもどっている。これらの系列を Table 3 に示した魚種組成と照合すると，8月2日より11日までの群集はマダイが唯一の卓越種とする数量的に小さな形態であるが，残りの6群集はハオコゼ，アミメハギおよびメバルを主要な構成種とし，7月7日を除くと数量的に一層大きく複雑な形態を形成しているのがみられる。

st. B における群集は，概して構成種類数が少なく，また密度も低い。その組成変化は年度別で指摘した様相に似て，期間を通じてその動きが激しい（Fig. 3)。6月26日より7月25日までの5群集は調査日ごとに主要種の交替がみられるが，8月2日より18日までマダイは比較的濃密に生息している（1曳網当りの採集重量25.7〜63.6g，比率29.4〜52.4%）。すなわち，群集組成の面で st. A と違い，その恒常状態を保持しがたいことが観察される。これを規定する要因としては，魚の生態的諸関係（餌生物をめぐる種間・種内関係など）の影響以外に，(1)潮流（2.0Kt）などの物理的環境要因の変動が大きいこと，(2)群集の大きさや構成種類数が少ないという生物的環境特性，(3)さらに(1)の影響によって起こりやすい採集漁具能力の不安定さ，が主なものとして挙げられよう。

Table 3. Change of species composition (catch per net haul) of the demersal fish community at st. A in 1972.

Date	6/26		7/7		7/11		7/18		7/25	
Fish	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight
C. major			7.0	2.0	13.0	7.8	46.0	47.0	4.3	7.6
H. rubripinnis	57.5	665.0	21.0	200.0	91.5	853.5	73.5	720.4	152.0	1,429.7
R. ercodes	43.0	143.1	10.0	34.0	60.0	125.1	83.5	256.2	26.0	95.2
S. inermis	8.0	185.6	0.5	22.3	5.0	68.2	9.5	147.6		
H. poecilopterus	1.0	9.6	6.0	129.4	0.5	10.0	2.0	22.1	0.3	3.9
D. temmincki	4.0	11.9			0.5	3.2			1.0	14.8
T. scyllia	3.5	207.0			2.0	243.6			0.7	52.1
Z. japonicus					1.0	19.6	1.0	23.9		
A. agrammus	0.5	15.6					1.5	23.7	0.3	10.9
C. richardsoni					0.5	17.9				
Other spp.	1.5	2.8	0.5	3.3			3.0	142.2	2.3	12.2
Number of net hauls	2		2		2		2		3	

Date	8/2		8/6		8/11		8/18		8/29	
Fish	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight
C. major	19.5	86.9	44.5	212.6	55.7	375.2	5.5	45.4	2.0	36.1
H. rubripinnis	0.5	5.3			15.3	151.2	78.0	745.1	222.0	1,818.2
R. ercodes	5.0	18.7	15.5	59.3	26.7	121.7	77.0	194.1	81.0	233.6
S. inermis					1.0	15.6	7.5	83.4	7.5	97.6
H. poecilopterus	2.0	12.4	4.5	61.1	4.3	52.4	1.0	21.8		
D. temmincki							0.5	19.0	3.0	106.7
T. scyllia										
Z. japonicus	0.5	9.7			0.3	10.2	2.0	49.6		
A. agrammus					0.3	7.2	2.0	49.4		
C. richardsoni			0.5	8.9	0.7	80.4				
Other spp.			0.5	21.4	1.0	34.8	4.0	130.2	5.5	8.4
Number of net hauls	2		2		3		2		2	

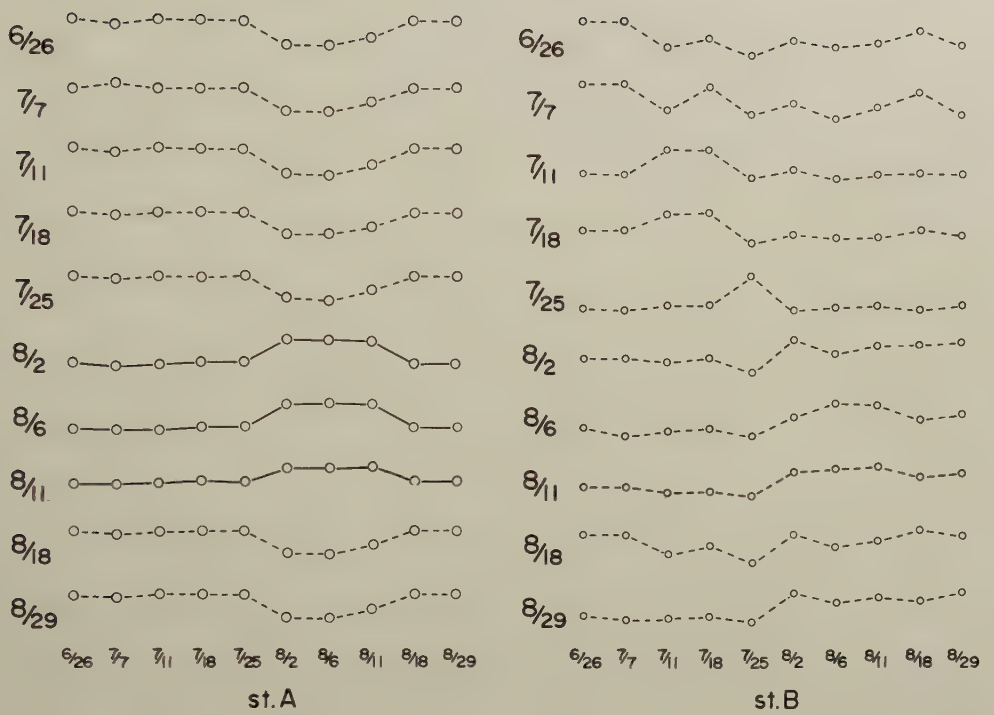


Fig. 3. Series of correlation coefficients obtained by the reciprocal treatment of the demersal fish communities at st. A & st. B in 1972.

底生動物群集の時期別推移

一般に，底生動物の分布状態や組成は，底質の性状や流向・流速の強さなど水理学的要因，水温・塩分などの無機的要因，さらに餌料環境の変動によって大きく影響されることが知られている。菊池ら[10)11)]，菊池[12)]は，尾道・三原水道水域付近において主に水理学的要因の相違による一連の底生動物相の発達状況から，細ノ州水域はマダイの摂餌成育場として高い価値をもっていることを示唆している。

底質が砂または砂泥底である st. A において，底生動物群集を構成する主要な動物群の種類を時期別にみると（Table 5），卓越した種類は，Mollusca（6月13日），Polychaeta（7月7日），Gammaridea, Caprellidea（7月18日），Mollusca, Caprellidea（7月25日）と調査日ごとに交替している。8月2日にいたると，マダイの摂食頻度が高い小型甲殻類 Gammaridea は急激に増加し，6日に生息量が最大となる。11日まで Gammaridea は一種で全体の47.4～69.0%（重量比率）を占め，優占種的地位を確保している。その後，Gammaridea は7月25日以前の水準まで減少し，8月18日と29日は再び主要種の交替が生じ Gammaridea, Brachyura, Mollusca, Polychaeta の4種（18日）と Pisces, Polychaeta の2種（29日）がそれぞれ濃密に分布している。

一方，底生動物の相対的生息量の変動は各種を統合してもあるいは種類ごとに調べても大きい。特に，Gammaridea の変動は，全底生動物のそれと平行しており8月6日を一つの共通の頂点とする動きを示している。すなわち，Gammaridea の生息量は全底生動物量の変動を支配している。

このような変動特性を示す Gammaridea は，沿岸水域内でも砂泥底の“アマモ場”に特有で，しかも砂泥やデトリタスで棲管を形成する比較的海底表層性の強い生活型をもっている *Corophium* 属の一種類だけ

Table 4. Change of species composition (catch per net haul) of the demersal fish community at st. B in 1972.

Date	6/26		7/7		7/11		7/18		7/25	
Fish	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight
C. major			0.5	0.1	2.0	1.6	9.0	7.8	3.0	3.9
H. rubripinnis					0.5	8.5			1.0	9.4
R. ercodes	1.0	3.1					0.5	2.1	4.0	13.7
H. poecilopterus	1.0	60.4	0.5	37.4			2.0	41.4		
P. sexfaciata									0.5	22.8
I. japonicus					0.5	75.5	0.5	118.0		
Other spp.					5.0	28.8	1.5	19.3		
Number of net hauls	2		2		2		2		2	

Date	8/2		8/6		8/11		8/18		8/29	
Fish	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight	Number	Weight
C. major	9.5	25.7	6.0	29.8	14.5	63.6	8.0	55.4	2.7	25.6
H. rubripinnis							1.0	7.8		
R. ercodes	1.0	3.0			0.5	2.6	0.5	1.5		
H. poecilopterus	1.5	14.4	2.0	11.3	5.0	21.4	10.0	77.0	0.7	6.4
P. sexfaciata			0.5	11.0			0.5	6.8		
I. japonicus	0.5	6.0					0.5	9.8		
Other spp.					7.0	49.0	0.5	30.6	0.5	1.0
Number of net hauls	2		2		2		2		3	

Table 5. Change of abundance in the benthos community at st. A in 1972.

Organism \ Date	6/13	7/7	7/18	7/25	8/2	8/6	8/11	8/18	8/29
Crustacea									
Ostracoda	25	107	1	1,427	80		64	10	143
Copepoda	2	+	1		+	+			
Malacostraca									
Mysidacea	23	8	6	2				10	
Cumacea	12	165	20	129	+	96			1
Tanaidacea	8	6	2	50	80	160	80	31	1
Isopoda	175	4	11	47	164	118	70		26
Amphipoda									
Gammaridea	640	2,301	918	1,399	19,939	36,600	11,893	2,677	86
Caprellidea	252	225	844	2,332	5,930	7,552	9,806	403	17
Decapoda									
Macrura	176	805	78	954	1,029	105	112	620	123
Anomura	8	184	16	96	100			169	78
Brachyura	40	445	153	382	994	1,129	170	2,589	938
Crustacean larvae	3	15	10	1		192	16	10	2
Sagittoidea	5	4	55	10	32	128	+	+	1
Mollusca	1,432	1,043	31	2,436	458	571	555	2,281	41
Ophiuroidea	12	30	23	369		224			14
Polychaeta	192	5,822	411	408	2,821	3,640	1,568	2,288	61
Pisces		91	30	164	859	498	660	1,485	1,162
Other	17	82	15	7	65	2,060	105	120	186
Total weight (mg)	3,022	11,337	2,625	10,213	32,551	53,073	25,099	12,693	3,880

+ : $<$0.01% in weight composition

の増減に従っている（Table 6）。

次に，底生動物群集組成の時期別推移を，底魚群集のそれを解析した方法に準じて図示した(Fig. 4)。st. A の底生動物が示す一連の系列はこの場所の底魚群集に比べて動きが激しく，6月26日より7月25日までの5群集系列はわずかずつその水準を異にしている。ところが，8月2日より11日までは特異的な系列をあらわし，7月18日と似ていることを除けば，短期間であるが互いに類似安定した群集組成を維持させている。Table 5 と照合すると，この期間は Gammaridea が第1位，Caprellidea，Polychaeta が次いで並び，非常に似た重量順位組成で特徴づけられる。また，各構成種は濃密に分布している。7月18日では，これら3種の順位は変わらないがその生息量は最も少ない。8月18日以降，再び系列は変化している。

st. B（底質は砂または砂礫）では，底生動物の生息量は st. A の$\frac{1}{4}$であるが，Morisita[13]の類似度指数 $C\lambda$ の値*は0.96を示しており組成的には共通している。海底堆積物上を主な生活基盤とする Gammaridea，Macrura，Brachyura などの小型甲殻類は依然として多いが，アマモなど海草に付着して生活する Caprellideaの類（*Caprella kröyeri*），さらに Polychaetaや Mollusca（二枚貝・巻貝）などの埋在性の強い動物は少ない。代わりに基底面上に固着するか，礫の表面や間隙を滑走移動する Ophiuroidea（*Ophionereis dubia*）や，海底直上のごく薄い水の層に浮遊生活を営んでいる Sagittoidea，Crustacean larvae が幾分増大している。

＊今林ら[1]) Table 2 参照

Table 6. Change of weight composition of Gammaridea genera at st. A in 1972.

Genera \ Date	7/7	7/18	7/25	8/2	8/6	8/11	8/18	8/29
Corophium	60.2(%)	26.7(%)	(%)	70.8(%)	82.0(%)	63.3(%)	5.9(%)	8.6(%)
Paradexamine	9.0	2.6	5.9	5.9	+	2.0		1.4
Pontogeneia	1.8	3.3	26.2	2.7	1.0	1.6	4.6	12.9
Eurystheus	3.0	6.6	2.7	2.3	1.0	+	28.8	1.4
Gradidierella	1.8	1.1	1.6	+		+	+	1.4
Maera	2.4			+			7.8	
Ceradocus	+	5.9	+	+	+		4.6	
Ericthonius	1.8	+	23.5					57.1
Ampithoe	1.2	+	3.2			1.2	+	
Podocerus		27.1	1.1	5.0	10.2	10.0	2.7	
Photis		+	+	1.8	1.9	+	3.2	
Pontocrates		+	1.6	+			+	5.7
Byblis			1.6			+	4.1	5.7
Cerapus			5.3				+	
Monoculodes			1.1					
Ampelisca							5.9	
sp. A	6.0	6.6	6.4	1.8	1.9	2.8	6.8	
sp. B	10.2	17.9	12.8	6.8	+	17.5	22.8	4.3
other spp.	2.0	+	6.1	+	+		+	1.5
Total weight (mg)	2,301	918	1,399	19,939	36,600	11,893	2,677	86

+ : <1.0%

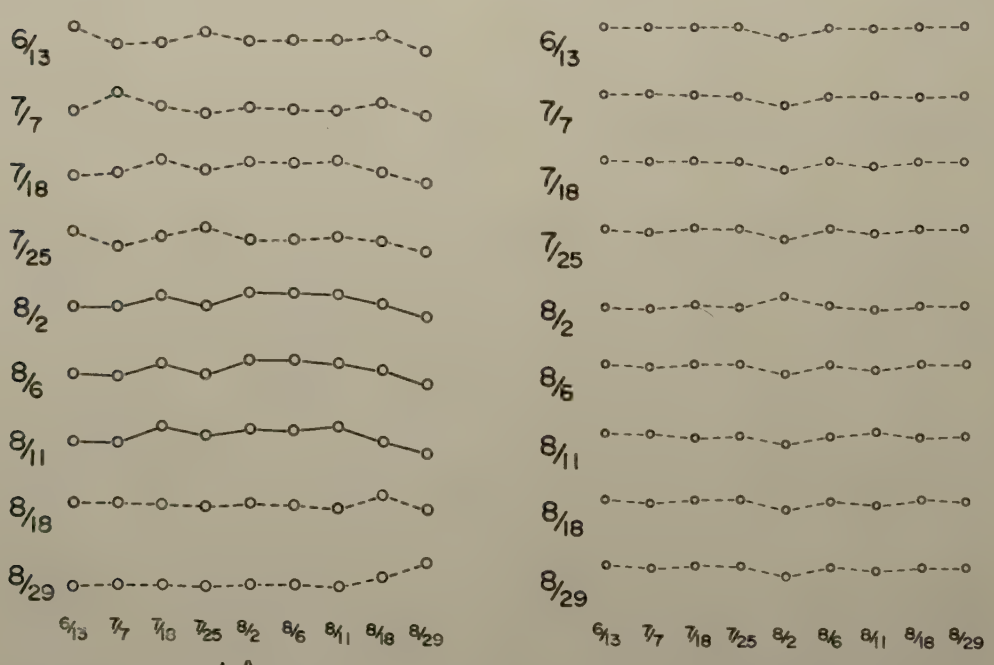


Fig. 4. Series of correlation coefficients obtained by the reciprocal treatment of the benthos communities at st. A & st. B in 1972.

底生動物群集の時期別組成（Table 7）とその推移（Fig. 4）をみると，８月２日を除くと Gammaridea は全体の27.8～69.0％（重量比率）と第１位を占め，またその群集系列は類似し安定している。ただ幾分異なる系列水準を示す８月２日は，Gammaridea および全底生動物の生息量がともに最小である。

また，全底生動物の相対的生息量の変動は，その最大は最小の8.8倍で st. A の20.2倍に比較しても小さい。数量的な変動幅から考えても，底生動物群集は動きが小さく安定していることが示唆される。

Gammaridea の種組成を概観すると，st. B においては st. A とは異なる生活環境要因と結びついた特性を明確にあらわしている（Table 8）。すなわち，沿岸の下潮線に普通にみられるとされている *Pontogeneia*, *Eurystheus*, *Ceradocus* の３種が調査日ごと65％以上出現し，*Corophium* は20％以下である。

Table. 7 Change of abundance in the benthos community at st. B in 1972.

Organism \ Date	6/13	7/7	7/18	7/25	8/2	8/6	8/11	8/18	8/29
Crustacea									
Ostracoda		2		12					4
Copepoda			10	8	3	+	16	48	11
Malacostraca									
Mysidacea	10	10	7	4	2	7		4	
Cumacea			1	8	3	6	24		3
Tanaidaea	+								1
Isopoda	56	1	7	56	6	3	16	100	5
Amphipoda									
Gammaridea	2,596	1,022	1,808	3,601	268	996	1,504	7,616	536
Caprellidea	266	11	9	257	15	43	35	35	5
Decapoda									
Macrura	65	66	194	202	339	102	298	72	49
Anomura		12			3			64	1
Brachyura	1,005	707	758	482	103	119	652	499	158
Crustacean larvae		8	31	12	95	152	52	80	32
Sagittoidea	40	19	261	40	228	48	80	64	54
Mollusca	164	30	11	96	5	19	342	1,111	31
Ophiuroidea	151	19	45	11	11	3	235		23
Polychaeta	958	435	89	282	40	67	1,353	950	65
Pisces	348	203	248	253	161	176	320		54
Others	162	69	38	100	4	17	479	387	239
Total weight (mg)	5,821	2,614	3,517	5,424	1,286	1,758	5,406	11,030	1,271

+ : <0.01％ in weight composition

考　　　　　察

細ノ州水域における底魚群集は，すみ場所の環境条件の違いによって異なっているが，概して st. A の群集組成は安定しているの対し，st. B は魚種交替の動きが激しい傾向を示すことが年度別および時期別に認められる。マダイについては，年度によってその生息量や主要な集群成育場が異なるが，その場合，マダイ個体群の加入と逸散がその場所の群集組成の変動に対して大きく関与することが推察された。特にマダイが

Table 8. Change of weight composition of Gammaridea genera at st. B in 1972.

Genera \ Date	7/7	7/18	7/25	8/2	8/6	8/11	8/18	8/29
Corophium	2.3(%)	1.0(%)	7.9(%)	9.5(%)	20.1(%)	5.6(%)	5.6(%)	(%)
Paradexamine			+			2.4		
Pontogeneia	24.7	62.2	32.0	27.0	11.2	28.2	45.6	59.6
Eurystheus	29.0	11.4	23.4	16.8	23.1	13.7	6.7	5.6
Ceradocus	27.6	11.4	13.9	20.4	34.9	22.6	25.6	15.8
Ampithoe	1.1		15.8		4.7	17.7	5.0	
Podocerus	4.0	+	+	3.6	2.4	3.2	8.3	5.6
Pontocrates	+		+	2.2	+	1.6		+
Byblis	2.9							+
Eriopisella			+		1.8	2.4	+	
Ampelisca				+	+	+	+	+
Melita	1.7							
Aoridae		1.0	4.1	3.6	+	1.6	1.7	1.1
other spp.	6.1	12.3	+	16.2		+	+	10.8
Total weight (mg)	1,022	1,808	3,601	268	996	1,504	7,616	536

+ : <1.0%

3年度間で最も多く出現した1972年において，時期別にみた群集組成の変動にその影響が及んだことが顕著に認められるので，以下この年度について検討を加えることにする。

st. A と st. B のいずれにおいても，底魚群集と底生動物の推移は，それぞれの優占種であるマダイと Gammaridea の増減に大きく左右されているものと理解できる。

とりわけ魚種組成が豊富で複雑な群集を構成している st. A では，調査開始時には組成的に安定していた底魚群集に対して侵入したマダイ個体群が成育期後半（8月2日～11日）に濃密な集群を作り，その結果前後とは異なったマダイを主要構成員とする群集が形成維持される。この時期には Gammaridea が多い。これはマダイの好適な餌生物であり，底魚群集の構造決定にはその摂餌基盤である底生動物群集が重要な関連をもつものであることを示している。畑中ら[3]は，仙台湾の底曳網にかかる底魚を一つの群集と考えて，同様な事象を相関係数を用いて集団解析している。その結果，同一群集組成には一定の食性上の順位構造が成立して群集の安定性に寄与すると述べ，底魚群集の構造における餌生物条件の役割を強調している。

マダイは，稚魚期と若魚期の発育段階における摂餌活動で底生動物の組成，特に Gammaridea と深いつながりがあることは，胃内容物組成の観察結果[1]からわかる。Gammaridea の出現が多い8月2日と6日は胃内容物にも多く，その底生動物中の生息量比とほぼ同率の組成を示している。その出現が幾分低下する8月11日は，Gammaridea の摂食比率が減りその前後の組成と中程度の類似性（$C\lambda$：0.46～0.69）を示すが，この現象についてはマダイ個体群の種内関係と関連しているので続報で考察を行うこととする。一方，Gammaridea の生息量が11日の1/8以下である7月18日と25日では，Gammaridea に対する依存性はみられない。

マダイの出現低下に伴って群集組成がもとの状態に復帰する8月18日以降は，マダイがその全長からみて生活史内で完全な底生生活型への移行期[14]，あるいはこれに関連して成長に伴って生じる行動領域の拡大時期[15][16][17]に当ることも配慮せねばならず，一義的に餌生物群集と対応させて考えることはできない。

st. B では，底魚群集の組成は比較的変わりやすく不定定であるのに対し，底生動物群集は一貫して安定な組成を維持していることから考察すると，両群集の変動様式間に直接的な関連を見出すことはできない。

こうした両群集の生態的結びつきの弱さが反映された現象として，st. Aに比べて，底魚の生息量が小さいこととマダイの胃内容物組成が異なることが指摘される。すなわち(1)，底生動物を主食とするハオコゼなどの底魚が st. A の1/10以下しか出現しない。(2)，底生動物，特に Gammaridea に依存する度合の強いマダイが Sagittoidea，Mysidacea などの浮遊生物摂食傾向（胃内容物比率48.1%*）へ移行している。これは，st. A と比べて底生動物中に占める Gammaridea の比率がほぼ同じであるのに（50.1〜53.7%），その生息量が約1/4であることからして，Gammaridea の生息量が小さいことによる影響であると推察される。同じような事象は，Gammaridea を唯一の卓越種とする群集組成を示す8月6日（st. A)と7月25日（st. B）のマダイの胃内容物組成について比較しても認められる。

摘　　　要

備後灘細ノ州水域（st. A と st. B）の生物群集において，マダイを中心とした底魚群集と環境内餌生物との対応関係を明らかにすることを目的として解析を行った。まず，3年度別（1969，1971，1972）に底魚群集の組成とその変化を調べた。

(1) st. A では，各年度とも調査期間を通じてハオコゼ・アミメハギ・メバルなどが数量的に卓越する比較的安定した群集組成をもったすみ場所であるが，マダイ個体群の加入と逸散によってその組成に変化があらわれる。

(2) st. B では，その構成種の量的順位は各年度とも頻繁に交替している。

1972年度については，時期別に底魚と平行して採集した海底堆積物表層の底生動物である餌生物群集の組成を観察し，その変動様式と底魚群集組成の変動様式との関連性を st. A と st. B を比較しながら検討した。なお，この年度はマダイの生息量が最も多い。

(3) st. A では，底魚群集と底生動物群集の変動様式はよく対応している。各群集がそれ以前とは互いに異なる組成で安定する時期は底魚群集ではマダイ，底生動物群集では Gammaridea が優占種的存在となっている。また，この期間はマダイによる Gammaridea の摂食比率が高い。

環境内の Gammaridea 種組成中で非常に多く出現した種類は，*Corophium* 属の一種である。

(4) st. A より底魚の出現数量が小さい st. B では，st. A でみられた両群集の変動様式間に直接の対応関係が認められない。

底生動物群集の組成の変動は小さい。また，Gammaridea 種組成をみると，*Pontogeneia*，*Eurystheus* などの沿岸の干潮線付近に普通にみられる種類が多いが，底魚による摂餌は少ない。

文　　　献

1）今林博道，花岡　資，高森茂樹，1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—I．他魚種との関係，南西水研報，**8**，101—111.

2）矢野　実，仁科重己，高森茂樹，国行一正，上田和夫，1971：実験漁場における生態とその資源の動態に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究(昭和45年度別枠研究成果)，91—107.

3）畑中正吉，小坂昌也，佐藤裕二，1954：底棲魚類の集団解析について，日生態会誌，**4**(3)，133—136.

4）真子　渺，1956：東海・東海における底魚群集の研究 I．トロールによる漁獲物組成の変遷．日生態会誌，**6**(1)，28—32.

5）花岡　資，井上善久，1970：マダイ稚魚を主体とする群集の組成の変動とその摂餌生態．内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究　(JIBP-PMセクション)，156—167.

＊ st. A の胃内容物比率は19.6%である。

6）花岡　資，大石修宗，1972：マダイの食性について．浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究（昭和46年度別枠研究成果），(2) 185—196.

7）Ockelmann, K. W., 1964 : An improved detritus-sledge for collecting meiobenthos. Ophelia, 1(2). 217—222.

8）Kikuchi, T., 1966 : An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 1(1), 1—106.

9）元村　勲，1935：群集の統計法に於ける相関係数の利用．生態学研究　1 (1)，339—342.

10）菊池泰二，向井　宏，1970：備後灘北部沿岸域の底生動物群集の研究．内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究（JIBP-PM セクション），92—96.

11）菊池泰二，向井　宏，1971：備後灘北部沿岸域の底生動物群集の 研究－Ⅱ．尾道水道付近の底生動物，同誌，106—110.

12）菊池泰二，1972：備後灘北部沿岸域の底生動物群集の研究－Ⅱ．尾道水道付近の底生動物(2)．同誌，61—68.

13）Morisita, M., 1959 : Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E, 3, 65—80.

14）内橋　潔，1969：マダイ稚魚の放流と稚魚の生態．栽培漁業，6 (3) 1－7．

15）立石　賢，1975：マダイ幼稚魚の生態と成育場の造成．水産技術と経営，146号 37—43.

16）矢野　実，高森茂樹，国行一正，上田和夫，1972：細ノ州およびその周辺水域におけるマダイ幼稚魚の生態と動態，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究（昭和46年度別枠研究成果），(2)，171—184.

17）矢野　実，高森茂樹，国行一正，1973：細ノ州実験漁場におけるマダイ個体群の生態と動態，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究（昭和47年度別枠研究成果），(3)，220—231.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 87～100 (1977)

生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—III

個体群の種内関係

今林博道・花岡　資・矢野　実

Feeding Activities of Juvenile and Young Red Sea Bream, *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL, in the Biotic Community-III.

Intra-specific Relationship in the Population

Hiromichi IMABAYASHI*-1, Tasuku HANAOKA*-2 and Minoru YANO

The interdependencies of the red sea bream (*Chrysophrys major*) and Gammaridea, one of the most important food for the fish, were investigated from the viewpoint of the dynamic change of both the relative abundances, chiefly during the period when the fish predominated in the demersal fish community at st. A of Hosonosu, the Seto Inland Sea. The intra-specific relationships within the fish population consequent to the interdependencies were discussed, based on the stomach contents.

(1) The amount of Gammaridea in the stomach of the red sea bream followed the abundance of them in the benthos fauna of the examined area, showing an exactly parallel relationships. And the fish population followed the abundance of Gammaridea in the benthos fauna, also showing a parallel relationship with a time lag.

(2) However, when the fish population reached at the peak and became too big compared with the abundance of Gammaridea in the benthos fauna (Aug. 11), the amount of them in the stomach decreased extremely and following phenomena were analyzed in consequence: (i) fall of the index of stomach fullness, (ii) diversification of composition of the stomach contents, (iii) difference of the stomach contents between large sized fish and small ones, (iv) equalization of the stomach contents between the fish at st. A and the other.

These phenomena are considered to be results of intra-specific competition for food of the red sea bream corresponding with decrease of abundance of Gammaridea.

マダイ個体群の消長に伴って生じる底魚群集の組成の変動様式は，st. A においてその中心的な摂餌基盤となっている底生動物群集の変動様式と対応し，特にマダイが優占種的存在となる一定期間では，その好適な餌生物である小型甲殻類の Gammaridea が多く，さらに各群集の組成が類似し安定していることを前

1977年7月1日受理　南西海区水産研究所業績70号

*—1. 九州大学農学部 Faculty of Agriculture, Kyushu University
*—2. 日本大学農獣医学部 Faculty of Agriculture & Veterinary Medicine, Nihon University

報[1]で述べた。したがって，本報ではこの発育段階にあるマダイを主要な材料として，捕食者マダイと餌生物Gammaridea の食物連鎖からみた捕食関係を明らかにする。そのため，両種の生息量の相対的水準の変動傾向をまず求め，マダイ個体群内部でそれが反映されている胃内容物組成からその種内関係を解析し検討することにした。

一般に，底生動物相と魚類の関係はそれぞれの数量に密接に依存することを報告した研究例は幾つか見当るが[2)3)4)]，たとえ底生動物全部の現存量が高くても，それ自体底魚の高い現存量ひいては高い生産性を保証するものとは思われない。底生動物中で魚が好む種類の割合が大きい場合は，たとえその現存量が低くてもそれ相応の生物生産がみられる[5)]ことが報告されていることからも，両群集内の特定種についてそれぞれの相対量の変化から捕食関係を求めてみる必要性が考えられる。

本研究は，別枠研究「浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究」の研究チームに参加し実施した。本文に入るに先だって，研究成果の発表についてその機会を与えていただいた所長花村宣彦博士ならびに多くの助言をいただいた内海資源部長多々良薫博士に謝意を表します。また調査の遂行に当って多大な協力をいただいた内海資源部高森茂樹，国行一正両主任研究官に深甚なる謝意を表します。さらに本研究遂行のために終始懇切な激励をいただいた九州大学教授板沢靖男博士に厚く謝意を表します。

材料および方法

マダイが活発な摂餌活動を行う時刻を推定するため，細ノ州水域において（Fig. 1）1973年8月6日と7日にわたる4時間間隔の24時間昼夜調査（st. B）を実施し，この調査と1972年の定期調査（st. A, st. B）[6)]



Fig. 1. Map of Hosonosu in the Bingo-Nada, Seto Inland Sea.
——: The station where the net hauls (small type drag net) were made.

を併用して曳網ごとに各個体の胃内容物の充満度指数（Index of stomach fullness）を平均した値を求め，その時間的変化を Fig. 2 に示した。これによると，各曳網ごとの充満度指数は 1 日 2 回朝方（9時頃）と夕方（18時頃）に高く，この時刻に摂餌活動が盛んであることがわかる。これは，岡田[7]が黄海水域で漁獲された若齢マダイは朝から正午にかけて摂餌を行い，午後から明け方にかけてほとんど摂餌しないと報告しているのとは一致しないが，魚の年令あるいは大きさによる相違によるものであろう。

ここで用いた胃内容物の充満度指数は，体重ごとに飽食状態にあると思われる個体の胃内容物（重量）を選び，それらの平均値（摂餌率）を規準にして求めた（Fig. 3)。したがって，この指数は胃内容物の種類によって100%以上になる場合もある。花岡ら[8]の規準とした値は幾分低いが，これは主に Gammarieda や浮遊生物のような小型餌生物について求められたためである。

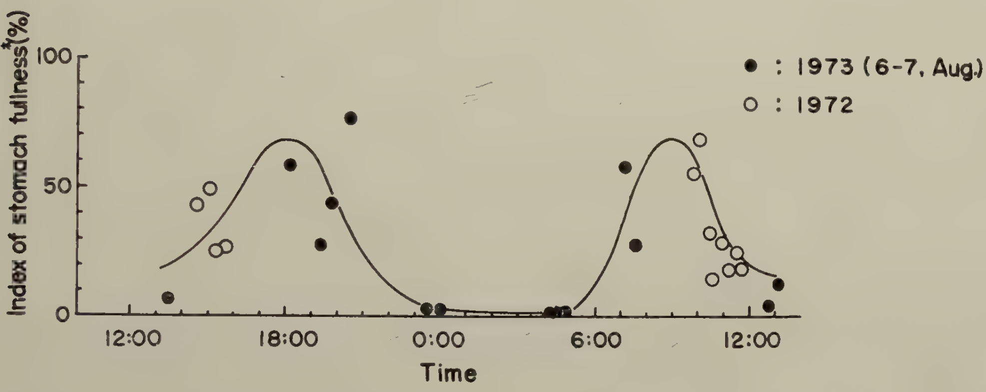


Fig. 2. Diurnal change of the stomach fullness in *C. major*.

* Index of stomach fullness =

$$\sum \frac{\text{Stomach content weight}}{\text{Maximum stomach content weight}} \times \frac{100}{\text{Number of stomach}}$$

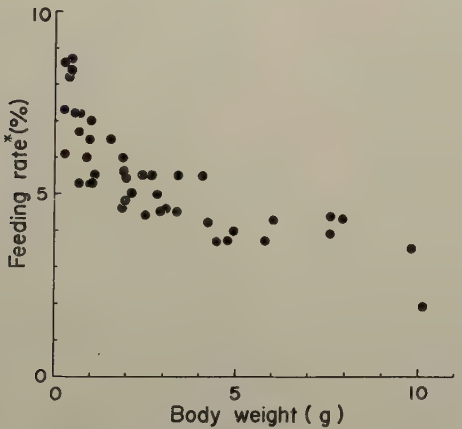


Fig. 3. Relation between body weight and feeding rate* when *C. major*. is supposed to have eaten sufficiently.

$$* \text{ Feeding rate} = \frac{\text{Maximum stomach content weight}}{\text{Body weight} - \text{Stomach content weight}} \times 100$$

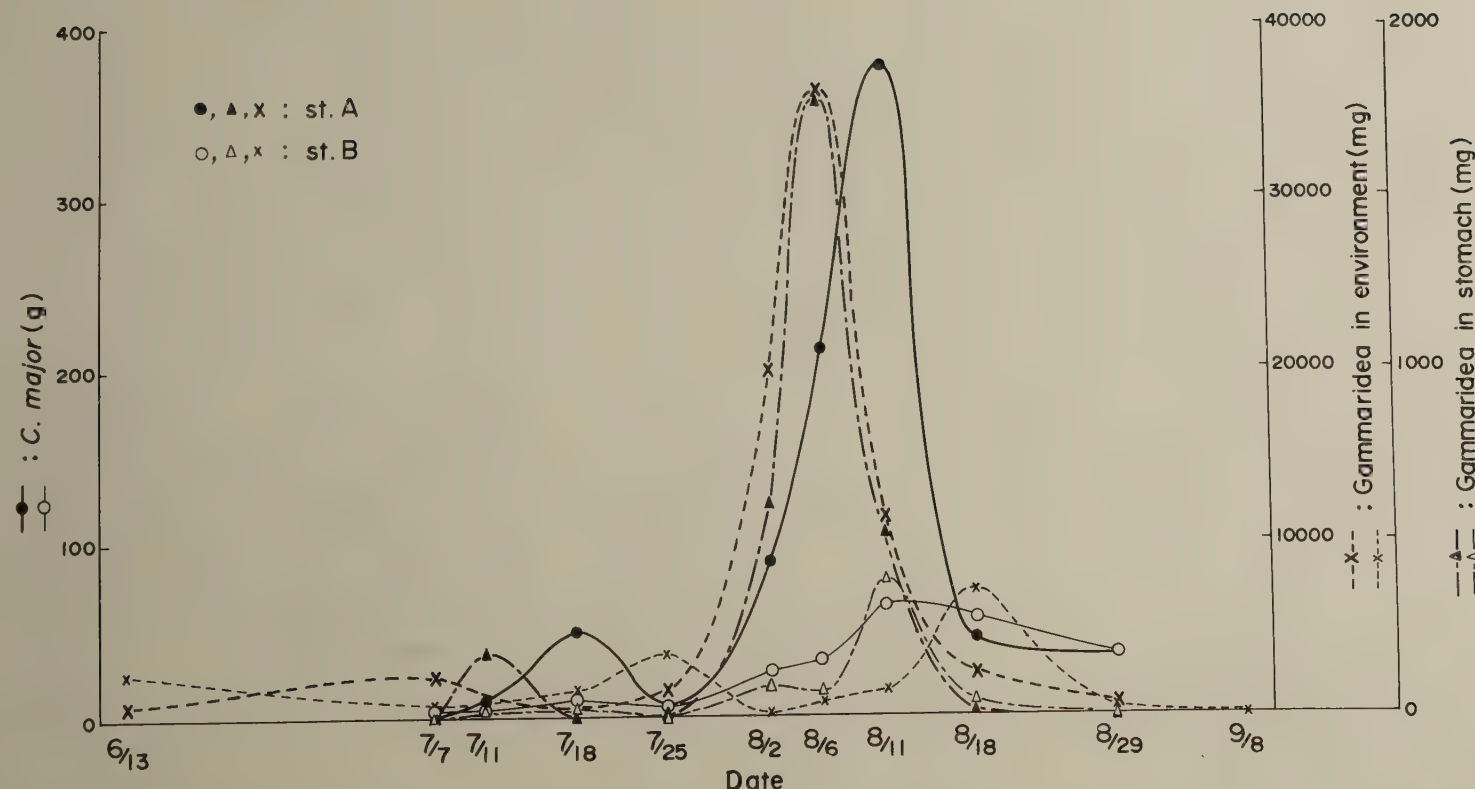


Fig. 4. Change cf abundance of Gammaridea in the stomach of *C. major* as well as in the environment, in relation to abundance of the fish.

結　　　果

マダイと餌生物の関係

細ノ州水域において，マダイの生息量，環境内の Gammaridea 生息量および胃内容物中の Gammaridea 摂食量についてそれぞれの相対的変動傾向を時期別消長として Fig. 4 に示した。ここで，マダイの生息量は1曳網当りの採集重量， Gammaridea 摂食量は1曳網当りに採集されたマダイ全部の胃内容物中に出現した総量でそれぞれを代表させた。

st. A を概観すると，Gammaridea の環境内量と胃内量は7月7日を除けば調査期間を通じその増減傾向は極めてよく一致しており，8月6日を共通な頂点とする曲線を描いている。一方，マダイは2度生息量の増減を示すが，このうち7月25日より8月11日までの急増は著しく，環境内 Gammaridea 量を追随する軌跡をとっている。その結果，8月11日ではマダイは最も多く出現するのに対し，Gammaridea の環境内量と胃内量は急激に低下している。

その他の主要な餌生物である Polychaeta, Macrura, Brachyura & Anomura, Caprellidea については，それらの環境内量と胃内量の増減の一致はみられない。

マダイの生息量が相対的に小さい st. B をみると，st. A で認められるような Gammaridea についての環境内量と胃内量間にはその変動に一致した傾向がみられない。むしろ，この場所で最も多く摂食されている Sagittoidea（胃内容物の重量比率38.2%）についてその変動が平行しており，st. A におけるマダイと餌生物との相互関連と同じ特徴的な現象として注目される。

次に，Gammaridea の利用状況を検討するため，その環境内比率と胃内比率の関係を図示した（Fig. 5)。st. A において，環境内の Gammaridea の比率が低い（2.2～32.2%）7月18日，25日および8月18日，29日では，胃内に占める比率は著しく低い（0～11.1%)。反対に環境内比率が高い成育期後半の8月2日（61.3%），6日（69.0%），11日（47.4%）は胃内でも高く（58.6%，78.7%，18.0%），環境内に多くいるものに摂食頻度が加速的に増す傾向が現われている。ただ，Gammaridea が環境内で卓越していない7月7日（20.3%）では，逆に胃内比率は最も高いが（87.3%），この時はマダイ1個体当りの環境内量が最大となっている。

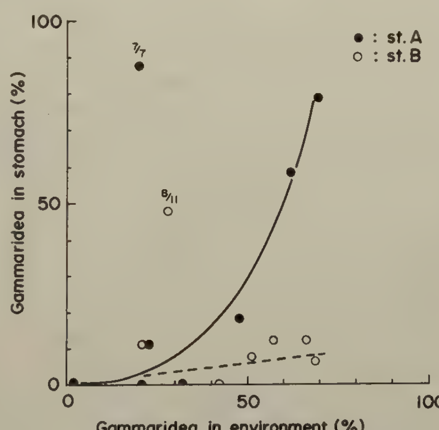


Fig. 5. Relation between weight percentage of Gammaridea in the stomach of *C. major* and that in the environment.

st. B の利用状況は，マダイが最も多く出現した8月11日に限り Gammaridea がよく利用されていることを除けば st. A よりも劣っている。このような Gammaridea に対するマダイの嗜好性は，その主要構成種であり，また胃内容物に多く出現する *Corophium* の利用状況をみると，特に顕著にあらわれている（Fig. 6)。st. A と st. B はともに共通の利用傾向を示し，Gammraidea 全体の場合よりも *Corophium* だけの利用され方がまさり加速的である。これにあらわれたマダイと *Corophium* の生態的な相互関係は，*Corophium* の習性の野外や水槽での観察例[9)10)]を参照することで幾分説明されよう。水が停滞したりあるいは一定の流れがあるような場所では，棲管から離れて活動する頻度が高くなり海底表層上の沈澱デトリタスを探しまわると言われる。したがって，このような習性をもつ *Corophium* はマダイによって容易に発見される可能性が強いものと思われる。ところで，st. B で調査期間を通じて常に卓越している *Pontogeneia*[1)] は，その生息量が最大となる8月18日以外は余り摂

食されていない。

7月7日（st. A）と8月11日（st. B）は，やはり環境内比率に比べて著しく利用されている。

次に，1個体当りの Gammaridea 摂食量を求めると（Fig. 7），st. A ではその摂食量は群全体のそれの水準とほとんど変わらず，両者の時期別変動傾向は一致している。ただ，8月11日については1個体当りの摂食量の水準低下があらわれているが，これはマダイがそれだけ多く出現したためである。

st. B でも同様で，1個体当りの摂食量は群全体の摂食量の変動傾向と変わりないが，8月11日に限り st. A の3倍も多く Gammaridea が摂食されている。その他の調査日では st. A よりもまさることはない。

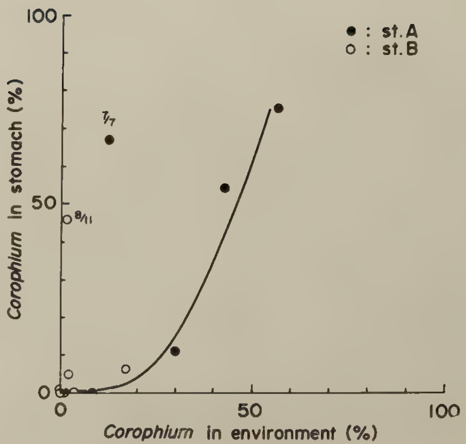


Fig. 6. Relation between weight percentage of *Corophium* in the stomach of *C. major* and that in the environment.

以上の検討を要約すると，マダイの胃内容物は海底堆積物表層で生活する Gammaridea の量および組成の時期的変化を反映して変わる。とりわけ，マダイの主要なすみ場所となっている st. A の成育期後半（8月2日～11日）にその影響が強く及んでいる。この時期はマダイが底魚群集内で卓越し Gammaridea を主食とするがこの間マダイが最も多く出現する11日では群全体および1個体当りの Gammaridea 摂食量は急減し，その利用状況は環境内比率とほぼ対応して摂食されている。しかし，st. B の11日では，群全体および1個体当りの摂食量は全期間を通じて最大で，また Gammaridea や *Corophium* はその環境内比率と比べて著しく利用されている。

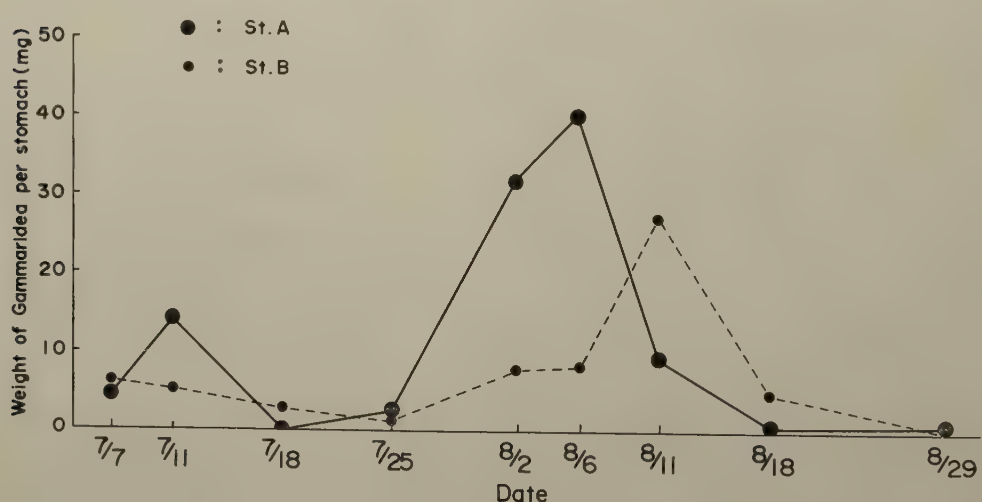


Fig. 7. Change in weight of Gammaridea per stomach of *C. major*.

考　　　　察

群中の種内関係

沿岸水域で生活するマダイの自然個体群において，その生活資料[11]の中で利用可能な餌生物が相対的に不足する事態が起こる場合，どのような影響をもたらすものかを検討した。魚類一般について，今一つの生活資料である生活空間に対する種内競合あるいは調整があらわれた例として“すみ分け”現象，餌生物に対しては“食い分け”現象が知られている。海産魚では，後者の研究例は種間に関して幾つかあるが[12)13)14)]，種内に関しては少ない。Georges Bank の haddock 漁場で餌動物が少ない時には，同じ水域においてその個体群の発育段階間に餌の分けあいが行われ，これがその後の漁獲高に影響するという現象が知られている[15)]。

マダイの主要なすみ場所である st. A において，マダイは7月25日より8月6日まで環境内で好適な餌生物である Gammaridea 量を追いかけるように漸次増加する。しかし，その生息量が最大となる8月11日はそれ以前の Gammaridea 量との関係からすると相対的にマダイが増えている。また，マダイの1個体当りの Gammaridea 摂食量が著しく減少していることからすると，この日の餌生物条件はかなり特異的な状態になっていることが推察される。それで，さらに詳細に群全体が示す胃内容物の重量（充満度指数）の変

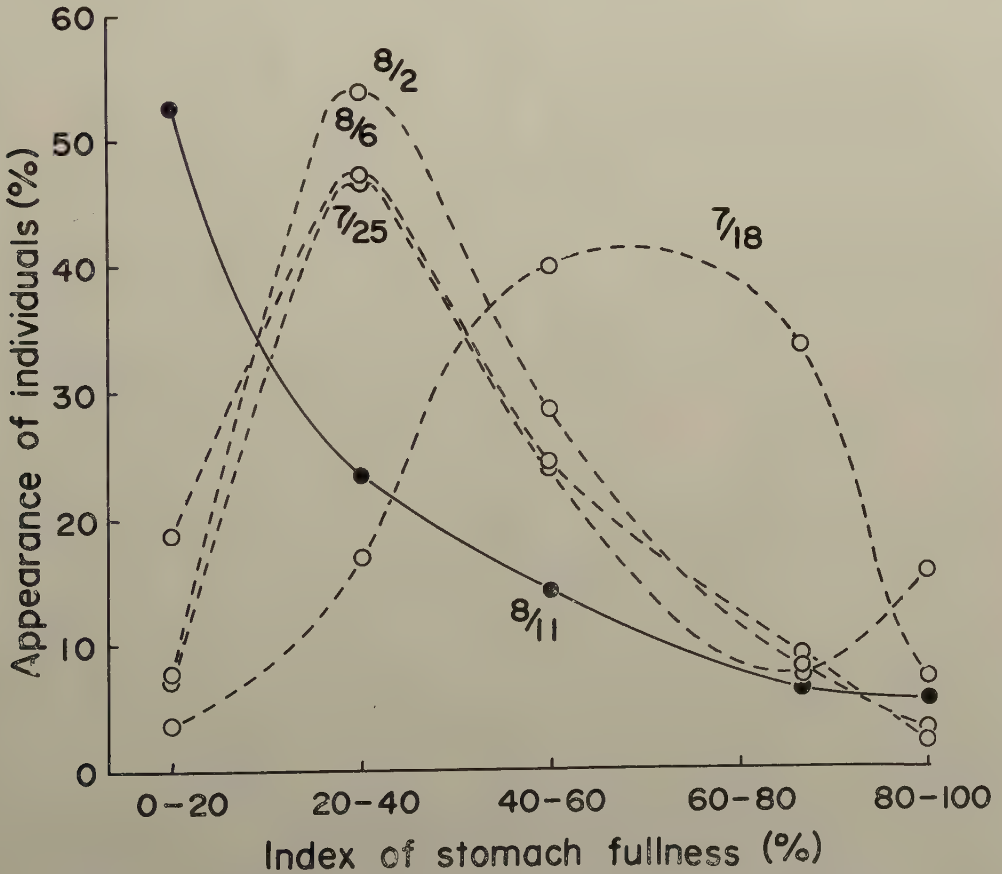


Fig. 8. Appearance of *C. major* with different fullness of the stomach.

化と組成を解析した結果，以下に述べるような摂餌機構が働くことが認められた。

まず，いろいろな大きさの個体によって構成されている群全体の充満度指数を求める場合，各個体の成長に伴う摂食量の変化，季節的に変わる活動力の強さ，日週期的には摂餌時刻の推移，さらに餌生物条件や水温などの無機環境条件，など摂餌活動を規定する諸要因の相違を考慮せねばならない。この短期間の調査では，季節的な活動力や水温などの無機環境条件の違いによる影響は小さいと考えられる。また，日週リズムによって変わる摂餌状態は，7月18日・25日，8月2日・11日では10時30分より11時30分まで，8月6日では15時30分頃に採集した標本を用いているのでほぼ同一であると考えてよい（Fig. 2 参照)。

このような事項を考慮した後，調査日別に全長群ごとの充満度指数を Fig. 3 で求めた摂餌率を規準にして算出し，その組成を Fig. 8 に示した。群が大部分浮遊生物食を示す7月18日の充満度指数の最頻値は幾分高く40～60％，7月25日，8月2日・6日はいずれも20～40％にあらわれる。8月11日では，充満度指数0～20％をもつ個体が群の50％以上を占め，20～40％と合わせると70％以上にも達し，他の日と比較して充分に飽食状態にある個体が群中で極めて少ないことがわかる。

次に， Table 1 において3つの項目を設けて胃内容物組成の変異を検討した。

Table 1. Variation of food composition at. A.

Date	7/18	7/25	8/2	8/6	8/11
Species number of food items above 5 % in stomach content	2	4	3	2	6
C_λ* of food items bctween large and small size	0.82	0.85	1.00	0.99	0.71
C_λ* of food items between st. A and st. B	0.32	0.06	0.50	0.28	0.59
Average weight of *C. major* per net haul (g)	47.0	7.7	86.9	212.6	375.0
Average number per net haul					
C. major	46.0	6.5	19.5	44.5	55.7
H. rubripinnis	73.5	175.3	0.5	0	15.3
R. ercodes	83.5	26.0	5.0	15.5	26.7
Other spp.	13.0	4.7	2.5	5.5	1.3

* $C_\lambda=\dfrac{2\Sigma X_i Y_i}{(\lambda_X+\lambda_Y)\Sigma X_i \Sigma Y_i}$ $\lambda_X=\dfrac{\Sigma X_i{}^2-\Sigma X_i}{\Sigma X_i(\Sigma X_i-1)}$ $\lambda_Y=\dfrac{\Sigma Y_i{}^2-\Sigma Y_i}{\Sigma Y_i(\Sigma Y_i-1)}$

X_i, Y_i : Percentage weight composition of food items "i" found in the fish X and Y, respectively.

第1項目は，胃内容物組成が分散する度合を知るため，その重量比率で5％以上の餌生物の種類数を求めた。7月18日と8月6日は2種類，8月2日は3種類であり，群としては特定種類の餌生物に偏った摂餌内容をもっている。これに対し，8月11日は6種類と多く胃内容物組成の多様化があらわれている。マダイ1個体当りの Gammaridea 摂食量が8月11日と同様に少ない7月25日にも種類数の増加（4種類）があらわれている。なお，8月18日・29日は3種類である。

多々良[16]は，瀬戸内海周辺のマエソに関して底曳網漁業の資源調査結果をとりまとめ，系群の段階で同様な現象を明らかにした。すなわち「資源量の大きい年は資源量の小さい年よりも摂餌率が小さく」，「餌生物は雑多なものにまでおよび，（胃内容物組成の）分散度は大きいことが分った」。

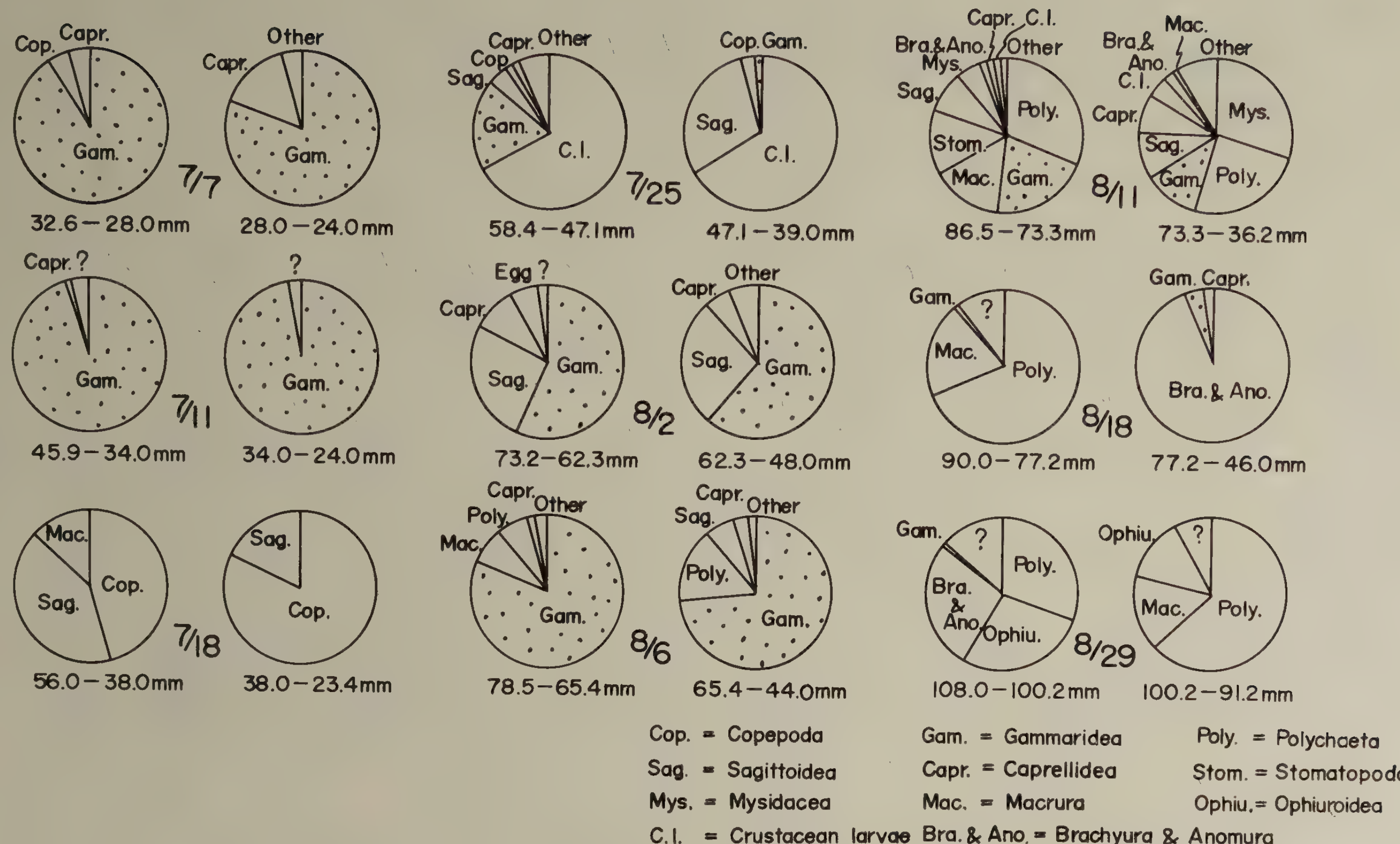


Fig. 9. Weight composition (%) of food items in the large or small sized fish at st. A in 1972.

第2項目では，群中で個体の大きさの違いによって胃内容物に差異があらわれるかについて検討した。そのため，まず群中を大型魚（平均全長以上）と小型魚（平均全長以下）に区分してそれぞれの胃内容物組成を Fig. 9 に整理した後，両者間の類似性を MORISITA [17] の類似度指数 C_λ によって求めた。 7月18日・25日では，大型魚と小型魚はどちらも Copepoda あるいは Crustacean larvae を主要な構成種とし互いに類似している（C_λ：0.82〜0.85)。8月2日．6日でも同様に類似し（C_λ： 1.00〜0.99)，特に大型魚と小型魚で主食とする Gammaridea の比率は変わらない。ところが，8月11日においては大型魚（全長：86.5〜73.3mm）は Polychaeta, Macrura, Gammaridea などの底生生活型の強い動物を，小型魚（全長：73.3〜36.2mm）は Mysidacea, Sagittoidea, Crustacean larvae の浮遊生活型動物を多く摂食している。Gammaridea だけを比較すると，前者の比率は後者の2倍以上に達し Gammaridea を優先的にとる傾向を示している。したがって，大型魚と小型魚間においてそれらの胃内容物組成の類似性は低くなり（C_λ：0.71)，利用する餌生物を食い分けていると考えられる。7月25日についても，大型魚の方が高い Gammaridea 摂食比率を示している。

群中で大きさの異なる個体間の食い分け現象は，餌生物の大きさに対する選択捕食作用によっても生じることが知られている。しかし，8月11日に大型魚にあたる体長は，8月2日・6日では小型甲殻類であるGammaridea を主食とする大型魚，さらに8月18日では幾分大きな餌生物である Brachyura と Ano-

Table 2. Values of similarity index C_λ among weight composition (%) of food items in *C. major* with different size.

Total length (mm)	20≦ >30	30≦ <50	50≦ <70	70≦ <90	90≦ <110
20≦ <30		0.657	0.942	0.651	0.003
30≦ <50			0.714	0.607	0.003
50≦ <70				0.828	0.150
70≦ <90					0.521
90≦ <110					

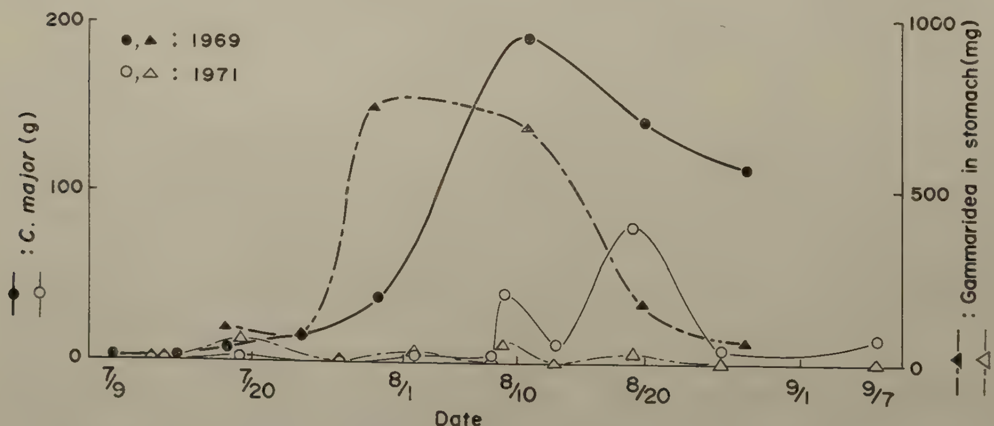


Fig. 10. Change of abundance of Gammaridea in the stomach of *C. major*, in relation to abundance of the fish.

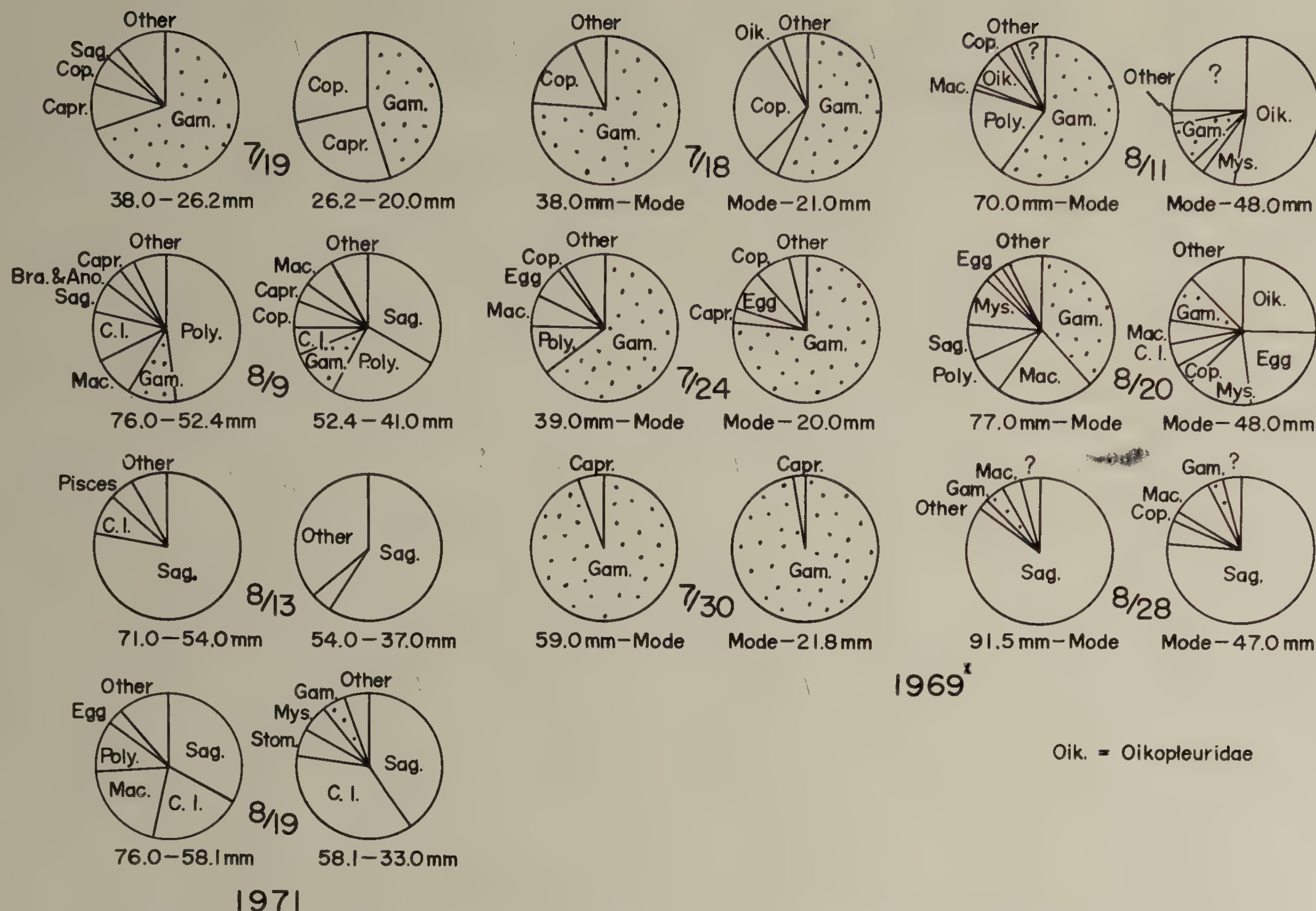


Fig. 11. Weight composition (%) of food items in the large or small sized fish in 1969 (st. B) and 1971 (st.A).

* Based on the data of Hanaoka & Inoue (unpublished).

mura を主食とする小型魚にそれぞれ相当することから考えて，選択捕食作用が果す役割は小さいと推測される。

あるいは，この日が発育に伴う食性の転換期であったことも指摘されるかもしれない。マダイ全部の胃内容物組成を全長別に整理して，各全長群相互間の C_λ 値を求めた（Table 2)。全長70～90㎜と50～70㎜間の C_λ 値は0.83を示し胃内容物組成は極めて似ており，8月11日で前者は大型魚，後者は小型魚の大きさにそれぞれ相当している。また，内橋[18]は"神経生態学"上の見地からマダイの行動を発育段階別に考察し，全長90～120㎜のマダイは典型的な底生生活型をとるのに，その前段階（全長52～97㎜）では完全ではなく遊泳力は緩慢であるとしている。他の水域の胃内容物を調べた報告[19][20]によると，ほぼ全長100㎜まで食性はすみ場所によってかなり変化しやすいことが示唆される。

1969年，1971年の標本についても，以上のようにマダイの生息量の変動によって胃内容物組成の多様化，群中で大型魚と小型魚間の食い分け現象が認められる（Figs. 10–11)。すなわち，1969年で8月11日と20日，1971年で8月9日と19日にそれがみられる。

第3項目では，st. A と st. B 間ですみ場所別胃内容物組成の差異を比較した。8月11日はそれ以前よりも組成の差異が小さい。一方，この日は st. B で st. A に特徴的にすむ *Corophium* を胃内に多量にもつ個体がいること，また矢野ら[21]の標識放流によるマダイ個体群の行動追跡調査からみて次第に行動領域を拡げる時期に達することから考えると，水域内でマダイは相互に交流する頻度を高めたことがうかがえる。

以上の解析結果を総合すると，8月11日のマダイ個体群には，st. A における利用可能な餌生物の中で好適な Gammaridea の相対的低下という餌生物条件を反映してその種内に餌生物をめぐる競合，すなわち胃内容物の重量と組成にそれ以前と異なった種々の現象があらわれたと推察される。特に，群中での食い分け現象は，大型魚による小型魚の摂餌圧迫と理解される。

Johannes[22]によると，British Columbia 湖で種々の大きさをもったニジマスはそれまで捕食していた Amphipod が強く消費されて減少すると，大型魚と小型魚間に食物を変える能力の差があらわれる結果，両者間に種内競合が起きて小型魚は不利な餌生物条件をもつことになるとしている。こうした社会関係はさらに小型魚の摂餌活動力に影響し，それを低下させることで成長まで関与するとした報告例[23][24]がある。しかし，Nikolskii[25]は摂餌条件が悪化する場合同一年令群のコイに成長の差異が増大して，小型魚は大型魚が利用しない食物で生活するため群としての食物が多様となって不利な摂餌条件は緩和されると述べている。

マダイの自然個体群において，餌生物をめぐる種内競合とむすびつく胃内容物の変異現象は，利用する生活空間の広がり，群行動および群形成の強さ，さらに他魚種との競合と深い関係があるものと考えられ，今後これらの具体的な結びつきが詳細に検討されなければならない。

摘　　要

1972年，備後灘細ノ州水域内の st. A の底魚群集において，マダイ個体群が優占種的存在となる一定期間を中心に，捕食者マダイとその好適な餌生物 Gammaridea の対応関係を解明することを目的とした。そのため両種の生息量の相対的水準の変動傾向と，その反映である群中における種内関係を胃内容物組成から検討した。

(1) 環境内の Gammaridea 量と群全体が摂食した胃内の量の時期別増減は互いに平行する。マダイが底魚群集内で著しく多くなる成育期後半の間，マダイは環境内 Gammaridea 量の増大に一歩遅れ，それを追うようにして増加する。

(2) しかし，それ以前の環境内 Gammaridea 量とマダイの生息量を対比して，後者が相対的に高まり且つ最大となる場合（8月11日)，それまで摂食していた Gammaridea の量的低下，すなわち餌生物条件の相違が胃内容物の重量と組成に反映されたと考えられる現象があらわれる。(イ)群の充満度指数の低下，(ロ)

摂食餌生物の多様化，(ハ)群中における大型魚と小型魚間の胃内容物組成の相違（食い分け現象），(ニ)すみ場所の違いによる胃内容物組成の平均化，がそれである。

これは，餌生物との対応関係が反映したマダイ自然個体群の種内競合の結果であると推察される。

文　　献

1) 今林博道，花岡資，矢野実，1977：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態 -Ⅱ. 底生動物群集と関連した底魚群集の変動. 南西水研報，10，73—86.

2) Macan, T. T., 1966 : The influence of predation on the fauna of a moorland fishpond. Arch. Hydrobiol., 61 (4), 432—452.

3) Ball, R. C. and D. W. Hayne, 1952 : Effects of the removal of fish population on the fish-pond organisms of a lake. Ecol., 33 (1), 41—48.

4) Nilsson, N.-A., 1965 : Food segregation between salmoid species in North Sweden. Rep. Lnst. Freshw. Res. Drottningholm. 46, 58—78.

5) Grimås, U., 1963 : Reflections on the availability and utilization degree of bottom animals as fish pond. Zool. Bidrag, Uppsala, 35, 497—503.

6) 今林博道，花岡資，高森茂樹，1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—Ⅰ. 他魚種との関係. 南西水研報，8，101—111.

7) 岡田啓介，1965：黄海産若齢マダイの摂餌生態について. 日水会誌，31(12)，999—1005.

8) 花岡資，井上善久，1970：マダイ稚魚を主体とする群集の組成の変動とその摂餌生態. 内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究（ＪＩＢＰ—ＰＭセクション），156—167.

9) Enequist, P., 1949 : Studies on the soft-bottom Amphipods of the Skagerak. Zool. Bidrag, Uppsala, 28, 297—492.

10) Crawford, G. I., 1937 : A review of the Amphipod genus *Corophium*, with note British species. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 21 (2), 589—630.

11) 大竹昭郎，1971：動物生態学(Ⅰ)—その理論と実際—. 共立全書，東京，pp. 155—156.

12) 畑中正吉，飯塚景記，1962：モ場の魚の群集生態学的研究—Ⅰ. 優占種をとりまく魚類の栄養生態学的地位，日水会誌，28(1)，5—16.

13) 畑中正吉，飯塚景記，1962：モ場の魚の群集生態学的研究—Ⅱ. モ場周辺の魚群集，同誌，28(2)，155—161.

14) 畑中正吉，関野清成，1962：スズキの生態学的研究—Ⅰ. スズキの食生活，同誌，28(9)，851—856.

15) 山本護太郎，伊藤猛夫，1973：水界動物生態学—Ⅰ（生態学講座15）. 共立出版，東京，pp. 3—4.

16) 多々良薫，1964：瀬戸内海におけるマエソの資源生物学的研究. 内水研報，22，1—64.

17) Morisita, M., 1959 : Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E., 3, 65—80.

18) 内橋潔，1969：マダイ稚魚の放流と稚魚の生態. 栽培漁業，6 (3)，1—7.

19) 神奈川県水産試験場，1973：昭和47年度太平洋中区栽培漁業漁場資源生態調査報告書. pp. 105.

20) 長崎県水産試験場，1974：昭和48年度栽培漁業漁場資源生態調査報告書. pp. 78.

21) 矢野実，高森茂樹，国行一正，1973：細ノ州実験漁場におけるマダイ個体群の生態と動態. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究（昭和47年度別枠研究成果），(3)，220—231.

22) Johannes, R. E. and P. A. Larkin, 1961 : Competition for food between redside shiners (*Richardsonius balteatus*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in two British Columbia Lake. J. Fish. Res. Bd. Canada. 18(2), 203—220.

23) Nagoshi, M., 1966 : Ecological studies on the population of isaza *Chaenogobius isaza* Tanaka, in lake Biwa with special reference to the effects of population density upon its growth. Res. Popul. Ecol., **8**, 20—36.

24) 名越誠，1967：グッピーの成長におよぼす size hierarchy の影響についての実験．三重県立大学水産学部紀要，7，165—189.

25) Nikolskii G. V., 1963：魚類生態学（亀井健三訳，1970）．たたら書房，米子，pp. 183—184.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 101~112 (1977)

Microbiological Studies of *Porphyra* Plants-V.

On the Relation between Bacteria and *Porphyra* diseases

Jun-ichi TSUKIDATE

It has been reported that cells of *Porphyra* thalli turn pale in colour and die when cultured in a medium dominated by a certain bacterium.[1] Moreover, white and dead cells were found to increase in number when *Vibrio* appeared predominantly on cultivated *Porphyra*.[2] In order to elucidate the above results, further studies were conducted on the relation among the increase in number of white and dead cells, the predominance of certain bacteria and the appearance of *Vibrio* in cultivated and uncultivated *Porphyra* areas.

Materials and methods

Observations on the growth and bacterial flora of *Porphyra* thalli were made in cultivated *Porphyra* areas in fiscal* 1975 and in uncultivated *Porphyra* areas in fiscal 1973 and 1974 located in front of the laboratory. Collected materials were quickly brought back to the laboratory and were observed with the naked eyes and under a microscope. Bacteria were also isolated from the *Porphyra* thalli.

1. Isolation

Bacteria attached to *Porphyra* thalli were isolated by one or both of the methods described in a previous paper,[3] i. e., streaking on agar and using a homogenizer.

2. Medium

A modified ZoBell 2216 E medium (Table 1) was used for isolating and preserving bacteria.

3. Identification

Isolated bacteria were identified to the generic level with BERGEY' manual[4] and by gram negative rods mainly with SHEWAN'S scheme.[5]

Results and discussion

The general appearance of the thalli and the data on the attached bacteria are presented in Tables 2~4. In fiscal 1973, strain 48-5 formed 0.4 % of the bacterial flora on the thalli collected on Jan. 17, 1974. White and dead cells were abundantly observed on the thalli collected on that day, but few such cells were found on the other days. In fiscal 1974, strain 49-5 formed 22.1 %

Received: July 1, 1977. Contribution No. 71 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

* The fiscal year of *Porphyra* culture is October to May in Japan.

of the bacterial flora on the thalli collected Jan. 20, 1975. White and dead cells were abundantly observed on the thalli 3 days after strain 49-5 appeared, but were rarely found in the absence of strain 49-5. In fiscal 1975, strain 50-5 formed 20 % and 30.7 % of the bacterial flora on the thalli collected on Nov. 6 and 13, 1975, respectively. White and dead cells were abundantly observed on the thalli collected on Nov. 10, 13 and 15, but were not found on the other days. In other words, a lot of white and dead cells were found on the days when strain 48-5 appeared in fiscal 1973, 3 days after strain 49-5 appeared in fiscal 1974 and 2 and 4 days after strain 50-5 appeared in fiscal 1975.

Strains 48-5, 49-5, and 50-5 were all identified as *Beneckea*. Morphological and biochemical characteristics of strain 48-5 are given in Table 5.

FUJITA et al.[6] reported that the red spots occurred *in vitro* on *Porphyra* thalli after inoculation of *Beneckea*. These spots eventually spread to surface of the host. Therefore, they thought that this bacterium had some role in causing a *Porphyra* disease described by SUTO et al.[7]

According to KATADA,[8] *Porphyra* utilizes large amounts of nutrients in the cultivated areas when the seawater temperature drops gradually at the beginn-

Table 1. Composition of the medium used for bacteria isolation and preservation

Chemically defined medium		100 mℓ
Meat extract		0.2 g
Peptone		0.5 g
Potassium nitrate		0.05 g
Agar		1.5 g
Chemically defined medium	100 mℓ=	
$NaCl$		2.4 g
$MgSO_4\ 7H_2O$		0.8 g
KCl		70 mg
$CaCl_2\ 2H_2O$		55 mg
$NaHCO_3$		16.8 mg
$NaNO_3$		20 mg
Na_2 glyceroPO_4		2.5 mg
Metal solution		1 mℓ
Metal solution	1 mℓ=	
H_3BO_3		0.2 mg
$FeCl_3\ 6H_2O$		0.048 mg
$MnCl_2\ 4H_2O$		0.144 mg
$CoCl_2\ 6H_2O$		0.04 mg
$ZnCl_2$		0.01 mg
Na_2EDTA		1 mg

Table 2. Observations on the cells and bacterial flora of *Porphyra* collected from rocks in fiscal 1973.

Date	Number of bacteria	Bacterial flora		Remarks of *Porphyra* cells
Dec. 4	2×10^4	48 — 1	3.8%	Healthy
		48 — 2	4.6%	
		48 — 3	6.1%	
		48 — 4	75.7%	
		48 — 5	0 %	
		Others	9.8%	
Dec. 11	6×10^3	48 — 1	11.8%	Healthy
		48 — 2	41.7%	
		48 — 3	0 %	
		48 — 4	27.8%	
		48 — 5	0 %	
		Others	19.4%	
Dec. 18	4×10^4	48 — 1	4.3%	Healthy
		48 — 2	43.1%	
		48 — 3	8.6%	
		48 — 4	43.1%	
		48 — 5	0 %	
		Others	0.9%	
Dec. 21	2×10^4	48 — 1	8.2%	Healthy
		48 — 2	8.2%	
		48 — 3	1.6%	
		48 — 4	82.6%	
		48 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 25	4×10^4	48 — 1	12.1%	Healthy
		48 — 2	18.1%	
		48 — 3	9.6%	
		48 — 4	60.2%	
		48 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 27	1×10^4	48 — 1	17.9%	Healthy
		48 — 2	0 %	
		48 — 3	0 %	
		48 — 4	71.4%	
		48 — 5	0 %	
		Others	10.7%	
Jan. 5	8×10^3	48 — 1	24.3%	Faded chromatophores
		48 — 2	5.4%	Groups of clumped cells
		48 — 3	2.7%	
		48 — 4	67.6%	
		48 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Jan. 9	8×10^3	48 — 1	7.7%	Faded chromatophores
		48 — 2	7.7%	
		48 — 3	7.7%	
		48 — 4	69.2%	
		48 — 5	0 %	
		Others	7.7 %	
Jan. 17	1×10^5	48 — 1	0.9%	Faded chromatophores
		48 — 2	34.5%	White and dead cells
		48 — 3	21.6%	
		48 — 4	42.6%	
		48 — 5	0.4%	
		Others	0 %	
Jan. 22	1×10^4	48 — 1	0 %	Faded chromatophores
		48 — 2	14.8%	
		48 — 3	24.6%	
		48 — 4	55.7%	
		48 — 5	0 %	
		Others	14.9%	

Table 3. Observations on the cells and bacterial flora of *Porphyra* collected from rocks in fiscal 1974.

Date	Number of bacteria	Bacterial flora		Remarks of *Porphyra* cells
Nov. 22	2×10^4	49 — 1	100 %	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	0 %	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Nov. 28	2×10^4	49 — 1	1.8%	Healthy
		49 — 2	8.9%	
		49 — 3	89.3%	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 2	2×10^2	49 — 1	0 %	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	100 %	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 5	2×10^3	49 — 1	42.3%	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	42.3%	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	15.4%	
Dec. 11	2×10^4	49 — 1	33.6%	Healthy
		49 — 2	29.7%	
		49 — 3	36.7%	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 19	2×10^2	49 — 1	0 %	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	100 %	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 23	2×10^2	49 — 1	0 %	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	100 %	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Dec. 27	8×10^2	49 — 1	25 %	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	75 %	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Jan. 6	2×10^4	49 — 1	2.8%	Healthy
		49 — 2	21.7%	
		49 — 3	75.5%	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	

Table 3. Continued

Date	Number of bacteria	Bacterial flora		Remarks of *Porphyra* cells
Jan. 13	2 × 10^3	49 — 1	20.4%	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	29.6%	
		49 — 4	20.4%	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Jan. 18	4 × 10^4	49 — 1	0 %	Enlarged vacuole
		49 — 2	49.2%	
		49 — 3	50.8%	
		49 — 4	0 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Jan. 20	1 × 10^4	49 — 1	5.9 %	Healthy
		49 — 2	2.9 %	
		49 — 3	11.3 %	
		49 — 4	51.9 %	
		49 — 5	22.1 %	
		Others	5.9 %	
Jan. 23	2 × 10^4	49 — 1	0 %	White and dead cells
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	0 %	
		49 — 4	100 %	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Jan. 28	6 × 10^3	49 — 1	0 %	Faded chromatophores
		49 — 2	3.7%	
		49 — 3	0 %	
		49 — 4	96.3%	
		49 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Jan. 31	2 × 10^3	49 — 1	10.6%	Healthy
		49 — 2	0 %	
		49 — 3	33.6%	
		49 — 4	33.6%	
		49 — 5	0 %	
		Others	22.2%	

Table 4. Observations on the cells and bacterial flora of *Porphyra* collected from nets in fiscal 1975.

Date	Number of bacteria	Bacterial flora		Remarks of *Porphyra* cells
Oct. 30	8×10^3	50 — 1	45 %	Healthy
		50 — 2	17.5%	
		50 — 3	2.5%	
		50 — 4	32.5%	
		50 — 5	0 %	
		Others	2.5%	
Nov. 3	4×10^3	50 — 1	22.7%	Healthy
		50 — 2	18.2%	
		50 — 3	0 %	
		50 — 4	59.1%	
		50 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Nov. 6	4×10^3	50 — 1	25 %	Healthy
		50 — 2	10 %	
		50 — 3	5 %	
		50 — 4	40 %	
		50 — 5	20 %	
		Others	0 %	
Nov. 10	8×10^3	50 — 1	56.1%	White and dead cells
		50 — 2	12.2%	
		50 — 3	2.4%	
		50 — 4	29.3%	
		50 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Nov. 13	1×10^4	50 — 1	10.2%	White and dead cells
		50 — 2	16.3%	
		50 — 3	20.4%	
		50 — 4	22.4%	
		50 — 5	30.7%	
		Others	0 %	
Nov. 15	2×10^5	50 — 1	50 %	White and dead cells
		50 — 2	25 %	
		50 — 3	25 %	
		50 — 4	0 %	
		50 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Nov. 18	4×10^4	50 — 1	2.8%	Healthy
		50 — 2	28.6%	
		50 — 3	40.0%	
		50 — 4	28.6%	
		50 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Nov. 22	8×10^5	50 — 1	0 %	Healthy
		50 — 2	27.8%	
		50 — 3	33.3%	
		50 — 4	38.9%	
		50 — 5	0 %	
		Others	0 %	
Nov. 25	4×10^5	50 — 1	8.3%	Healthy
		50 — 2	0 %	
		50 — 3	8.3%	
		50 — 4	83.4%	
		50 — 5	0 %	
		Others	0 %	

Table 5. Morphological and biochemical characteristics of strain 48-5.

Characteristics	Isolated bacteria
Cells form	Moderate straight round
Gram stain	−
Motility	+
Flagella	Petrichous
Pigmentation	−
Kovacs oxidase	+
Catalase	+
Acid by (MOF) from	
Glucose	F
Maltose	+
Mannitol	+
Ribose	+
Sorbitol	+
Sucrose	+
Lactose	+
Arabinose	+
Fructose	+
Galactose	+
Xylose	+
Raffinose	+
Trehalose	+
Mannose	+
VP test	−
MR test	+
Indol	+
Hydrolysis	
Starch	+
Chitin	+
Gelatin	+
Casein	+
Tween 80	+
Alginate	−
Cellulose	−
Agar	−
Gelatin liquefaction	+
NO_3 reduction	+
NO_2 reduction	+
TMAO	−
Litmus milk	Peptonization
Decarboxylation	
Lysine	−
Ornithine	−
Arginine	−
Sensitivity to 0/129	±
H_2S production	+
Phosphatase	+
Growth at 10% NaCl	+
Sea water requirement	H
Growth at	
0 °C	−
5 °C	−
30 °C	+
37 °C	+
40 °C	+
Gluconate oxidation	−
NH_3 from Peptone	+
Citrate	+
GC moles %	44. 2

Table 6. Maximum difference between atmospheric and seawater temperature during the period of exposure of *Porphyra* to air greater than 4 hours per day

In fiscal 1973

Date	Temperature difference
Jan. 7, 1974	9.1°C
Jan. 12, 1974	9.8°C
Jan. 19, 1974	9.0°C
Jan. 20, 1974	7.9°C
Jan. 27, 1974	10.1°C

In fiscal 1974

Date	Temperature difference
Jan. 12, 1975	8.9°C
Jan. 13, 1975	9.5°C
Jan. 28, 1975	4.0°C
Jan. 29, 1975	9.0°C
Jan. 31, 1975	9.3°C

In fiscal 1975

Date	Temperature difference
Nov. 4, 1975	8.4°C
Nov. 22, 1975	9.2°C
Nov. 23, 1975	9.4°C

ing of the harvesting season. He speculated that dissolved nutrients, such as nitrogen, phosphorus and carbonic acid substances become insufficient for the normal metabolism, and consequently, *Porphyra* was infected with "white wasting disease", "white blight", or "Shirogusare-sho".

Fishermen say that *Porphyra* is apt to be infected with disease when the difference between the atmospheric and seawater temperatures is big at dawn ebb tide. FUJIKAWA.[9] have found that 2-4 hours of exposure per day is optimal for *Porphyra* growth.

In order to understand the relationship of environmental factors to *Porphyra* diseases, desiccation and temperatures in cultivated areas were examined. At first, the days when plants exposed to the atmosphere for over 4 hours at dawn and when white and dead cells were abundantly observed on the thalli

were enumerated. The difference in the atmospheric and seawater temperatures on these days is shown in Table 6. From the data shown in Tables 2, 3, 4, and 6, in fiscal 1973, a temperature difference of 9.8°C occurred 5 days before the appearance of *Beneckea*; in fiscal 1974, a temperature difference of 9.5°C occurred 7 days before the appearance of *Beneckea*; and in fiscal 1975, a temperature difference of 8.4°C occurred 2, and 9 days before the appearance of *Beneckea*. In other words, *Beneckea* appeared on the 2nd to 9th day after the temperature difference was greater than 8.0°C.

On the other hand, in fiscal 1975, unhealthy thalli with white and dead cells or with cells containing granules were found in cultivated *Porphyra* on Nov. 10. These damaged cells were found to increase remarkably in number with time and many *Porphyra* thalli were soon lost from the cultivation nets. From the above facts, it is apparent that soon after the appearance of *Beneckea*, the number of white and cells of *Porphyra* increases.

Generally speaking, the chromatophores transformed first and then the colour of the cells faded. In course of time, the cells shrunk in size and cell contents became homogenious. The cell colour was red at this stage but later turned white. White and dead cells increased in number irrespective of thallus size. Abnormal cells containing granules were observed at times. This symptom is characteristic of "white wasting disease", "white spot", or "Gijishirogusare-sho" described by SUTO et al.[7] Therefore, *Beneckea* may be one of pathogenes which causes this disease.

As reported in a previous paper,[2] it appeared that the predominance of *Vibrio* might have some role in influencing the occurrence of wtite and dead cells but a relation between this pathogen and the process leading to the appearance of white and dead cells observed in this study was not found.

In summary, *Beneckea* appeared on the 2nd to 9th day after *Porphyra* was exposed to the atmosphere for more than 4 hours and, at the same time, the difference in temperature exceeded 8°C; then the number of white and dead cells increased markedly and plants died 4 days after the appearance of *Beneckea*.

In conclusion, it is speculated that the disease is caused by *Beneckea* which prevails on *Porphyra* thalli under certain natural conditions. However, there were a few cases in the past three fiscal years where *Benechea* populations were not found on the thalli even under the appropriate environmental conditions. It is not certain that *Beneckea* requires the repetition of the above mentioned conditions or only that the environmental factors must include these.

Summary

White and dead cells were found to increase in number when *Vibrio* appeared predominantly on cultivated *Porphyra*. In order to elucidate the above results, further studies were conducted on the relation among the increase in number of white and dead cells, the predominance of certain bacteria and the appearance of *Vibrio* in cultivated and uncultivated *Porphyra* areas. A lot of white and dead cells were found on the days when strain 48-5 appeared in fiscal 1973, 3 days after strain 49-5 appeared in fiscal 1974. and 2 and 4 days after strain 50-5 appeared in fiscal 1975. These strains were all identified as *Beneckea*. To understand the relationship of environmental factors to *Porphyra* diseases, desiccation and temperatures in cultivated areas were examined. The days when plants exposed to the atmosphere for over 4 hours at dawn and when white and dead cells were abundantly observed on the thalli were enumerated. A temperature difference of 9.8°C occurred 5 days before the appearance of *Beneckea* in fiscal 1973, 9.5°C occurred 7 days before the appearance of *Beneckea* in fiscal 1974, and 8.4°C occurred 2, and 9 days before the appearance of *Beneckea* in fiscal 1975. In summary, *Beneckea* appeared on the 2nd to 9th day after *Porphyra* was exposed to the atmosphere for more than 4 hours and, at the same time, the difference in temperature exceeded 8°C. Then the number of white and dead cells increased markedly and plants died 4 days after the appearance of *Beneckea*. However, there were a few cases in the past three fiscal years where *Beneckea* populations were not found on the thalli even under the appropriate environmental conditions. It is not certain that *Beneckea* requires the repetition of the above mentioned conditions or only that the environmental factors must include these.

The writer wishes to express his hearty thanks to Professor Buhei Zenitani who kindly furnished with his strain of *Beneckea* and also to Dr. Yoshio Ezura of Hokkaido University for the aid of a bacterial identification. He is grateful to Professor Tomitaro Masaki of Hokkaido University and Dr. Yunosuke Saito of Nansei Regional Fisheries Research Laboratory for reading and correcting this manuscript.

References

1) Tsukidate, J., 1971: Microbiological studies of *Porphyra* plants-III. Abnormality on the growth of *Porphyra* plants by the disturbance of the bacterial flora accompanying the plant. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., **4**, 1-12.

2) ———————, 1974: ———————IV. On the relation between the growth of the *Porphyra* plants cultivated in the sea and the bacterial flora accompanying the plants

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 7, 1-8.
3) ——————, 1970: —————— I. Studies of bacteria isolation methods. Bull· Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 3, 19-22.
4) Breed, R. S., E. G. D. Murray & N. R. Smith, 1957: Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 7 th ed., xviii + 1094 pp, The Williams & Wilkins Co., Baltimore.
5) Shewan, J. M., G. Hobbs & W. Hodgkiss, 1960: A determinative scheme for the identification of certain genera of gram-negative bacteria, with special reference to the *Pseudomonadaceae*. J. Appl. Bact., 23 (3), 379-390.
6) Fujita, Y., B. Zenitani, Y. Nakao & T. Matsuhara, 1972: Bacteriological studies on diseases of cultured laver-II. Bacteria associated with diseased laver. Bull. Japan. Soc. Sci., Fish., 38 (6), 565-569.
7) Suto, S., Y. Saito, K. Akiyama & O. Umebayashi, 1972: Text book of diseases and their symptoms in *Porphyra*. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Contribution E No. 18. 1-37.
8) Katada, M., 1967: Seisan no antei to zoudai o mezashi te. Watakushitachi no norikenkyu, 64-73. Senkai zousyokukenkyu chuokyogikai. [On the stability and increase of the *Porphyra* prodution. Report of Nori Cultivators' Researches on Practises of Nori Cultivation, 64-73. The Cultivators' Central Conference on the Researches of Coastal Aquiculture.]
9) Fujikawa, K., 1937: Chyosen nori no seiri ni kansuru kenkyu. Dai 5 ho, Chyosen soutoku fu suisanshikenjyo nenpo, Dai 8 kan, 1-131. [Studies on the Physiology of *Porphyra* in Korea-V. Bull. Korea Pref. Lab., 8. 1-131.]

ノリの微生物学的研究—V

ノリの病害と細菌との関連について

月　舘　潤　一

前報でノリに白色死細胞が増加すると，それと並行して特定のバクテリヤが出現すると報告したが，この関連を更に確かめるため，養殖ノリ及び岩に着生して生長するノリについて，昭和48年度，49年度及び50年度の3ヶ年間にわたって，調査，観察を行った。

いずれの年度もノリに白色死細胞が増加すると，*Beneckea* が出現した。昭和48年度は *Beneckea* が出現した日に白色死細胞が増加し，49年度は *Beneckea* が出現した3日後に，50年度は2日後及び4日後に白色死細胞が増加した。しかも，50年度はかなりの葉体が消失した。このときの経過は須藤らの記載による凝似しろくされ症に類似していた。従って，凝似しろぐされ症の原因の一つはバクテリの *Beneckea* によって生ずると考えられた。

Beneckea が出現した原因を検討するため，漁業者の間に明け方に干出があって，そのときの温度差が大きいと病害が出るとの観察があるので，干出時間と干出前後の温度差を調べた。昭和48年度は *Beneckea* が出現した5日前に干出時間が4時間以上あり，その前後の温度差が9.8℃で，49年度は *Beneckea* が出現した7日前に干出が4時間以上あって，温度差が9.5℃で，50年度は *Beneckea* が出現した2日，及び9日前に干出が4時間以上あり，その温度差が8.4℃であった。

つまり、干出時間が4時間以上あり、このときの温度差が8.0℃以上になると，その2〜9日後に *Beneckea* が出現し、そして更にその4日後までに白色死細胞が増加して，50年度ではかなりの葉体が消失した。

しかし、干出時間，温度差の条件がみたされても，*Beneckea* は出現しないときが各年度でみられ，この原因は明らかにし得なかった。

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 113~121 (1977)

Microbiological Studies of *Porphyra* Plants-VI.

An Investigation of Bacteria-Free culture of *Porphyra* with a Shaking Culture Apparatus

Jun-ichi TSUKIDATE

A bacteria-free culture was carried out to study the effects of organic nutrients on the growth of *Porphyra*. *Porphyra* did not grow well in a bacteria-free batch culture with a defined medium.* Many vitamins and amino acids were tried to make it grow better but without success. Unlike one-celled or uniseriate algae, ones of more complicated shape usually do not grow without an aeration or shaking even in the bacterized culture.** Therefore, a bacteria-free shaking culture was designed to investigate whether *Porphyra* grows or not, in the first place, with the defined medium.

The writer wishes to express his hearty thanks to Professor Tomitaro MASAKI of Hokkaido University for reviewing this manuscript.

Materials and Methods

The materials used in the experiments were *Porphyra leucosticta* from a laboratory culture, and *Porphyra yezoensis* and *Porphyra tenera* from a natural field.

1. Methods of purification of algae

Many algae from one-celled to more complicated shape have been grown in a bacteria-free culture.[1)—23)] A number of reviews were also reported on the purification of algae.[24)—34)] From all these reports, the purification methods could be summarized as follow. 1) Washing. 2) Dilution. 3) Sterilization by antibiotics or detergents. 4) Elimination by shaking or sonication. A washing is applied for a one-celled alga or spores of a multi-celled alga. Cells are picked up and transferred into a test tube with a sterilized artificial seawater under the microscope. An axenic culture is obtained by the repetition of this procedure. The washing can be also applied to a filamentous or a foliaceous alga for the purification. Algae are placed onto the agar plate for dipping and dragging. The better results come out with an addition of antibiotics in the agar plate. A dilution is applicable to a one-celled alga or spores of a multi-celled alga. Algae are put into a test tube with a sterilized artificial seawater and shaked

Received: July 1, 1977. Contribution No. 72 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory.

* Unpublished

** Uupublished

in it. After that, a small amount of mixtures is transferred to another test tube with the sterilized artificial seawater and again shaked in it. These procedures are repeated. A small amount of mixtures is then brought into a Petri dish with a bacterial medium and mixed gently. The Petri dish was kept for some days in the incubator. An axenic culture can be established by picking up a clean alga among bacterial colonies. A sterilization of algae is effectively done by using antibiotics, or detergents like Jodopax, sulfa drugs, or ultraviolet rays. The point of this method is to keep algae alive and at the same time to make accompanying microorganisms kill. In order to do the sterilization successfully, it should de determined at the beginning that the kind of antibiotics or sulfa drugs and their balance and the duration to be chosen depending upon the sorts of algae. An elimination of microorganisms from algae can be also done effectively by using a sonication or a centrifuge. As this method alone does not always come out good results, it should be followed with other methods.

2. Methods of purification of *Porphyra*

Since *Porphyra* is a multi-celled alga and has a mucilaginous layer on the surface of the cell, and spores are non-motive and relatively weak, a sterilization by the antibiotics was mainly practised with some other techniques. A thallus was cut off about 25 mm^2. This piece of thallus was brought onto a 1 % agar plate in artificial seawater (Table 1) to dip and drag for 30−35 cm with a Pasteur pipette. This procedure is to get microorganisms off *Porphyra* thallus physically. After that, the piece was brought to another 1 % agar plate

Table 1. Chemically defined medium used in the presnt research.

$NaCl$	2.4 %
$MgSO_4$ $7H_2O$	0.8 %
KCl	70 mg %
$CaCl_2$ $2H_2O$	55 mg %
$NaHCO_3$	16.8 mg %
$NaNO_3$	20 mg %
Na_2glyceroPO$_4$	2.5 mg %
Metal solution	1 mℓ/100 mℓ
Metal solution 1 mℓ=	
H_3BO_3	0.2 mg
$FeCl_3$ $6H_2O$	0.048 mg
$MnCl_2$ $4H_2O$	0.144 mg
$CoCl_2$ $6H_2O$	0.04 mg
$ZnCl_2$	0.01 mg
Na_2 EDTA	1 mg

in 50 mℓ artificial seawater with a penicillin G of 40,000 units and a streptomycin sulfate of 20 mg (Pot.) to dip and drag for about 30 cm. Then it is preserved as it is for 2 weeks. Besides this process of purification, another methods of eliminating microorganisms were used. The piece was placed for overnight in the seawater of 50mℓ with the penicillin G of 20,000 units and the streptomycin sulfate of 10 mg (Pot.) added ES solution (Table 2) of 2 mℓ, after

Table 2. Component of the enrichment used in the present research.

Pure water	100	mℓ
$NaNO_3$	350	mg
Na_2 glyceroPO_4	50	mg
$FeCl_3$ $6H_2O$	12.1	mg
Metal solution	25	mℓ
Vitamin B_{12}	10	γ
TRIS	500	mg

dipping and dragging for 30–35 cm. Sometimes these processes were repeated several times. A young thallus of 1 mm long was obtained in axenic culture by the following techniques. The young thallus was put into the artificial seawater of 30 mℓ with the penicillin G of 200,000 units and the streptomycin sulfate of 1 g (Pot.) for 2 days to kill the accompanying organisms. After that, it was transferred into a test tube and shaked violently to eliminate the organisms. This procedure was repeated three times. The young thallus was, then, taken out from the test tube and spread in the Petri dish with the bacterial medium. A cleaned thallus was successfully picked up among the bacterial colonies in 5 to 7 days.

3. Sterility test

This is to check if there is any microorganism on the cleaned thallus. The most widely accepted way of checking it, is to grow purified pieces of thallus with nutrient-rich medium of microorganisms to examine whether microorganisms exist. The sterility test media used were E_6[20] and ST_3[32].

4. Culture methods and culture conditions

As for the experiments 1, 2, 3, and 4, an axenic thallus of 25 mm^2 was put into a 20 mℓ L test tube with 10 mℓ of medium in the culture apparatus of Monad. The thallus grew at 16°C+0.5°C with the light intensity of 5,000 lux at the surface of the test tube on a 10–14 light-dark cycle. As for the experiments 5 and 6, an axenic thallus of 1 mm long was put into a 125 mℓ Erlenmeyer's flask with 50 mℓ of medium in the shaking culture apparatus. The thallus grew at 17°C+2°C with the light intensity of 3,000 lux at the

surface of the flask on a 9–15 light-dark cyle.

5. Observation of thallus

Colour, shape and growth were observed by the naked eyes and measured a length when the experiments were finished.

Results

Results are shown in Tables 3~8. In experiment 1 (Table 3), the media were replaced aseptically in 2 weeks. *Porphyra* grew better with tris (hydroxy-methyl) aminomethane (TRIS) than without. In experiment 2 (Table 4), the media were not replaced. On the 19 th day after the experiment started, *Porphyra* grew better and had more normal colour with TRIS than without. In experiment 3 (Table 5), the media were replaced in 3 weeks. On the 30 th day after the experiment started, *Porphyra* grew better with TRIS and 2 times concentration of carbonic acid substances than artificial seawater alone. Carbonic acid substances refer to as dissolved carbon dioxide, carbonate ion, bicarbonate ion and carbonic acid in this paper. In experiment 4 (Table 6), the media were not replaced. On the 21 th day after the experiment started, *Porphyra* grew better with TRIS and 2 times concentration of carbonic acid substances than artificial seawater alone. In experiment 5 (Table 7), the media were not replaced. On the 44 th day after the experiment started,

Table 3. Growth of *Porphyra* with addition of TRIS on a bacteria-free culture.

Addition mg %	Remarks on growth 14 days	30 days
None	Reddish but growing	Reddish but growing
TRIS 50	Normal and growing	Normal and growing

Table 4. Growth of *Porphyra* with addition of TRIS on a bacteria-free culture.

Addition mg %	Remarks on growth 9 days	16 days	19 days
None	Reddish but growing	Reddish but growing	Pale 5 mm long
TRIS 50	Normal and growing	Normal and growing faster	Normal 1 cm long

Table 5. Growth of *Porphyra* with additions of TRIS and sodium bicarbonate on a bacteria-free culture.

Addition mg %	Remarks on growth		
	3 days	21 days	30 days
None	Growing	Growing	Not growing but alive
TRIS 50 $NaHCO_3$ 16.8	Growing	Growing faster	Normal and growing 3 cm long

Table 6. Growth of *Porphyra* with additions of TRIS and sodium bicarbonate on a bactria-free culture.

Addition mg %	Remarks on growth		
	3 days	9 days	21 days
None	Growing	Normal and growing	Growing
TRIS 50 $NaHCO_3$ 16.8	Growing	Normal and growing	Growing faster 5 mm long

Table 7. Growth of *Porphyra* on a bacteria-free culture.

Addition mg %	Remarks on growth	
	39 days	44 days
ASW	Growing	Growing 5 mm long

Table 8. Growth of *Porphra* on a bacteria-free culture.

Addition mg %	Remarks on growth		
	10 days	14 days	22 days
ASW	Growing	Growing	Growing 5 mm long

Porphyra did not grow well and reached only 5 mm in length.In experiment 6 (Table 8), the media were not replaced. On the 22 th day after the experiment started, *Porphyra* attained 5 mm in length.

Discussion

A sterilization of *Porphyra* was not always an easy work. It was certain, however, that better results came out with using a thallus less than 1 mm long. In most cases, *Flavobacterium* was the last to disappear in the process of sterilization. In the previous experiment*, it was found that *Flavobacterium* disappeared from the bacterial flora and *Pseudomonas* or *Vibrio* predominated on the surface of *Porphyra* when it was grown with casamino acids. Therefore it might be a better way to apply some sterilization after the bacterial flora is changed.

As the culture vessels were not large enough, *the Porphyra* grew only 3 cm long at most. The growth was also observed to retard, and colour of the plant was paled in less amount of carbonic acid substances. However it could be said that the *Porphyra* in bacteria-free culture grows healthy with shaking and replacing media during the culture. Shaking is assumed to play an important role in getting carbonic acid substances to the surface of *Porphyra*. The carbonic acid substances are certainly one of the indispensable factors for the growth of *Porphyra* in bacteria-free culture. This is confirmed in the experiment of an amino acids analysis* and a tracer experment using ^{14}C** that the bacteria take great part in producing CO^2 production. The calculation from a continuous culture of *Porphyra**** shows that 10 mℓ of artificial seawater with casamino acids generates 0.06 mg of carbon as pH changes from 8.0 to 8.4. This amount of carbon keeps growing 0.9 mg of the *Porphyra* in dry for a day if the content of carbon is 40 % of total weight and if the growth rate is 16 % a day. At the end of the experiment 3, the *Porphyra* reached 3 cm long, weighing 1.8 mg in dry. Since the artificial seawater of 10 mℓ can only sustain 0.9 mg, the calculation says that the *Porphyra* of 3 cm long is not able to keep the growth of 16 %, even a day. A bacteria-free culture could be brought up the same growth rate as a bacterized one if there is enough carbonic acid substances in the medium. However, the *Porphyra* cultured in the laboratory does not look so healthy as the one grown in the field, though the growth rate does not differ much. A bacteria-free culture should be further carried out to elucidate this problem.

---

* Uupublished

* Abstracts of Ann. Meetg. of Japan. Soc. Phycol., Tokyo. Apr. 1977, p 42

** Abstracts of Ann. Meetg. of Japan. Soc. Phycol., Tokyo, Apr. 1977, p 42

*** Abstracts of Ann. Meetg. of Japan. Soc. Sci. Fish., Tokyo, Apr. 1977, p 41

Summary

Porphyra did not grow well in a bacteria-free batch culture with a defined medium. From the facts that unlike one-celled or unisriate algae, ones of more complicated shape usually do not grow without an aeration or shaking even in a bacterized state, a bacteria-free shaking culture was designed to investigate whether *Porphyra* grows or not, in the first place, with the defined medium.

The following results were obtained from six experiments. 1. *Porphyra* grew better in the shaking culture. 2. It grew better with TRIS than without. 3. It grew better with 2 times concentrations of carbonic acid substances than the concentration in the defined medium. 4. It grew better with repetition of medium.

It is assumed that the main reason for bad growth of *Porphyra* in bacteria-free culture is the deficiency of carbonic acid substances from the present experiments and another experiments of an amino acids analysis, of a tracer experment using ^{14}C, and of a continuous culture of *Porphyra*. Therefore, it is possible that *Porphyra* grows normally in bacteria-free culture to an adult thallus, if there is sufficient carbonic acid substances.

References

1) Lewin, R. A., 1951: Isolation of sexual strains of *Chlamydomonas*. J. Gen. Microbiol., 5, 926-929.

2) Provasoli, L., 1958: Effect of plant hormones on *Ulva*. Biol. Bull., 114 (3), 375-384.

3) Fries, L., 1959: *Goniotrichum elegans*. A marine red alga requiring vitamin B_{12}. Nature, 183, 558-559.

4) ——————, 1960: The influence of different B_{12} analogues on the growth of *Goniotrichum elegans* (Chauv.). Physiol. Plant., 13, 264-275.

5) ——————, 1961: Vitamin requirements of *Nemalion multifidum*. Experientia 17, 75.

6) ——————, 1963: On the cultivation of axenic red algae. Physiol. Plant., 16, 695-708.

7) ——————, 1964: *Polysiphonia urceolata* in axenic culture. Nature, 202 (4927), 110.

8) ——————, 1964: Temperature optima of some red algae in axenic cultre. Botanica marina, 9, 12-14.

9) ——————, 1966: Influence of iodine and bromine on growth of some red algae in axenic culture. Physiol. Plant., 19, 800-808.

10) ——————, 1967: The sporophyte of *Nemalion multifidum* (Weber et Mohr) J. AG., Sv. Bot. Tidskr., 61 (4), 457-462. 4.

11) ——————, 1969: The sporophyte of *Nemalion multifidum* (Weber et Mohr) J. AG., found on the swedish west coast. Sv. Bot. Tidskr., 63 (1), 139-141. 4.

12) Fries, L., & H. Pettersson, 1968: On the physiology of the red algae *Asterocytis ramosa* in axenic culture Br. Phycol. Bull., 3 (3), 417-422.

13) Fries, L., 1970: The influence of microamounts of organic substances other than vitamins on the growth of some red algae in axenic culture. Br. Phycol. J., **5** (1), 39-46.

14) Neujahr, H. Y., & L. Fries, 1966: On the occurrence of light-sensitive corrinoids in axenic cultures of unicelluar algae. Acta Chem. Scand., **20** (2), 347-360.

15) Iwasaki, H., 1961: Nutritional studies of the edible seaweed *Porphyra tenera*-I. The influence of different B_{12} analogues, plant hormones, purines and pyrimdines on the growth of Conchocelis. Plant Cell Physiol., **6**, 325-335.

16) ——————, 1967: —————— II. Nutrition of Conchocelis. J. Phycol. **3** (1), 30-34.

17) Mcdaniel, H. R., J. B. M. Brook, & R. O. Bowman, 1961: Isolation of pure cultures of algae from contaminated cultures. Appl. Microbiol. **10** (3), 223.

18) Brown, R. M., & H. W. Bischoff, 1962: A new and useful method for obtaining axenic cultures of algae. Phycol. News Bull., **15** (4), 43-44.

19) Soli, G., 1964: A system for isolating phytoplankton organisms in unialgal and bacteria-free culture. Limnology and Oceanography, **9** (2), 265-268.

20) Tatewaki, M., & L. Provasoli, 1974: Vitamin requirements of three species of *Antithamnion.* Botanica Marina, **6**, 193-203.

21) Tokuda, H., 1966: The spread agar plate method for isolation and purification of marine phytoplankton. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **32** (2). 568-572.

22) Druehl, L., & S. I. C. Hsiao, 1969: Axenic culture of *Laminariales* in defined media. Phycologia, **8** (1), 47-49.

23) Kanazawa, A., 1968: Axenic culture of multicellular algae-I. Treatment of algae with sulfa drugs. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **34** (7), 570-575,

24) Provasoli, L., 1958: Nutrition and ecology of protozoa and algae. Ann. Rev. Microbiol. **12**, 279-308.

25) Provasoli, L., 1963: Growing marine seaweeds. Proceedings of the 4 th International Seaweed Symposium, 9-17.

26) Hutner, S. H., & L. Provasoli, 1964: Nutrition of algae. Ann. Rev. Plant Physiol., **15**, 37-56.

27) Lewin, R. A., 1959: The isolation of algae. Rev. Algol., **3**, 181-198.

28) Iwasaki, H., 1965: Studies on the physiology and ecology of *Porphyra tenera.* J. Fac. Fish Anim. Husb., 6, 133-211.

29) Fries, L., 1971: Requirements of organic substances among the littoral seaweeds. Svensk Naturvetenskap, 151-155.

30) Pringsheim, E. G., 1964: Pure Culture of Algae. Their Preparation & Maintenance, xii+119 pp. Hafner Publishing Company, New York and London.

31) Stein, J. R., 1973: Handbook of Phycological Methods. Culture Methods & Growth Measurements, xii+448 pp, Cambridge University Press, London.

32) Provasoli, L., J. J. A. McLaughlin, & M. R. Droop, 1956: The development of artificial media for marine algae. Arch. f. Mikrobiol., **25**, 392-428.

ノリの微生物学的研究—VI

ノリの無菌振とう培養

月　館　潤　一

ノリを無菌にして，無菌培養を止水で行うとあまり生長しない。一方混菌でも静止培養では生長が悪いので，培養液を動かしながら無菌培養を試みた。

6回の実験から，1．培養液を動かすと生長は良くなる。2．トリスを入れると生長は良くなる。3．炭酸を入れると生長は良くなる。4．培養液をとりかえた方が，生長は良い。などの結果を得た。

今回の実験結果 及び培養液のアミノ酸分析，バクテリヤによる炭酸ガスの生成，及び連続培養の 結果から，無菌培養すると生長が悪くなるのは炭酸欠乏がその原因と考えられた。従って炭酸を充分補給すると，ノリは無菌でも正常に成体まで生長すると考えられる。

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (10) 123〜130 (1977)

アマモの生長様式について

月 館 潤 一・高 森 茂 樹

On the Growth Pattern in *Zostera marina*

Jun-ichi TSUKIDATE and Shigeki TAKAMORI

Annual fluctuation in number and growth pattern in *Zostera marina* were observed at Hosonosu in Mihara Strait, the east of Hiroshima Bay.

Individual numbers of *Zostera* specimens did not fluctuate much throughout the period from May to October, though the total length of the plant reached its peak in July and maximum total wet weight attaining during August.

Growth pattern in the plant is observed as follows. During the growth of the stem a new node is formed on its top, where a new leaf soon starts to grow. Almost at the same time the leaves belonging to the lowest node are decaying and a root is pushed out from this node, penetrating into the mud. In this way, generally one plant reproduces into another one only. But often, differentiation by dividing into two stems was also observed. This mode of multiplication was frequently found in the field. Therefore, it may be assumed that one plant reproduces into more than one actually.

アマモは砂泥底水域における藻場を構成する植物のひとつで，海産顕花植物である。アマモの分類，形態についてはかなりの報告[1)-5)]があるが，アマモ場の消長にかかわるアマモ植物体の生長については三木[6)]，新崎[7)]の報告しかない。

著者らは昭和51年５月から10月にかけて，三原水道の細ノ州でアマモの生態を調査した際に，アマモの生長様式についても観察する機会を得たので，以下にその結果を報告する。

本文に入るに先だって，この研究の機会をあたえていただいた南西海区水産研究所，内海資源部多々良薫部長，同部第二研究室，矢野実室長に謝意を表する。

方　　法

アマモを調査，観察した細ノ州水域は Fig. 1[8)] に示すように，広島県東部，三原水道のほぼ中央にあって，大潮の干潮時には直径数百メートルにわたって干潟となる。底質は砂質と砂泥質のところとがあり，アマモ，コアマモは砂泥質のところに多くみられる。

干潮時に現場へ行き，葉の生長，地下茎の生長を観察した。またサンプルを実験室に持ち帰り，茎の部分を切断して，顕微鏡観察を行った。

この報告では，植物体を１番長い葉の先端から地下茎に１番近いヒゲ根を持つた節までとする。

1977年７月１日受理　南西海区水産研究所業績73号

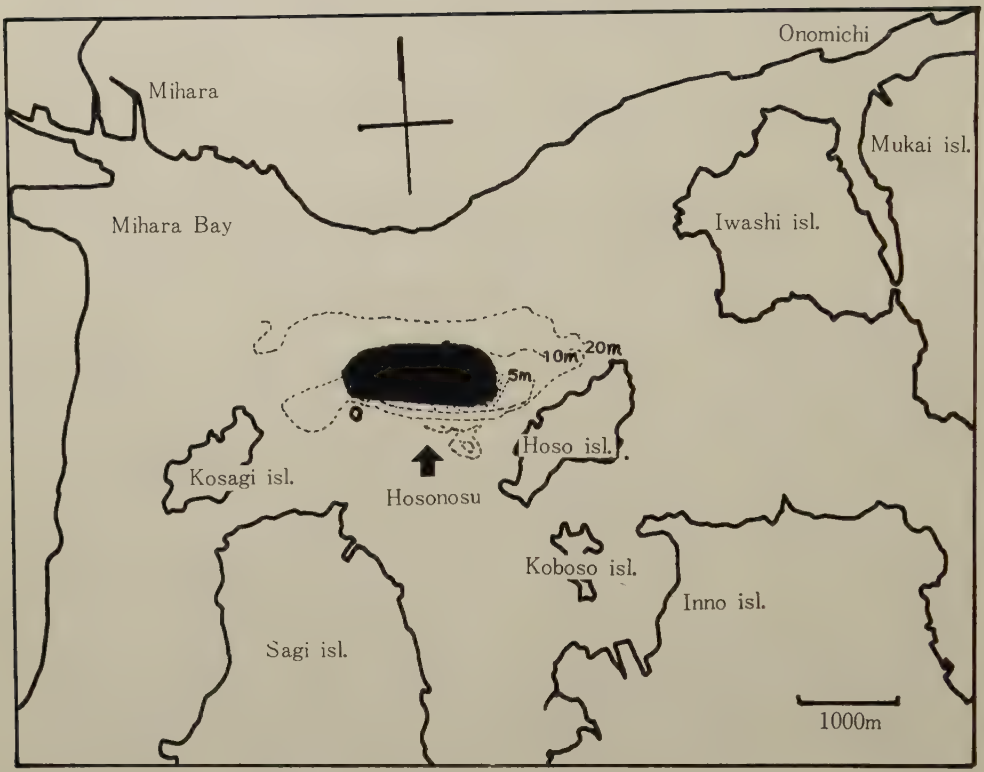


Fig 1. Map of Hosonosu in Mihara Strait.

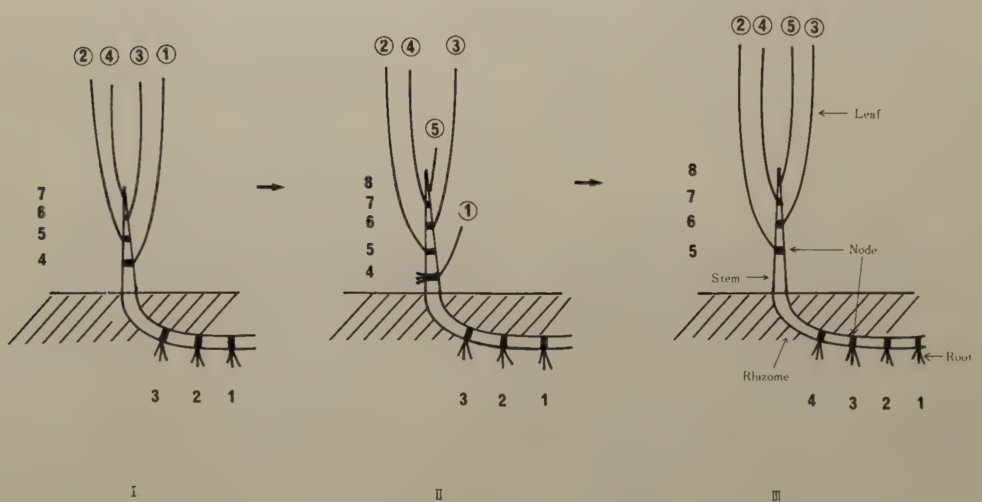


Fig. 2. Diagrammatic representation of growth pattern in *Zostera marina* L.

結　　　　　果

5月から10月にかけてのアマモの繁茂状況を概観すると，7月に植物体の長さは最大に達し，8月には湿重量が最大に達した。しかし，繁茂密度には大きな変化はみられなかった。

次にアマモの生長様式について観察した結果を述べる。まずある時期に，Fig. 2 のⅠのように地下茎に節が古い順に1，2，3と3コ存在し，又地上茎つまり茎に節が古い順に4，5，6，7と4コ存在して，その節から葉が古い順に①，②，③，④とでているアマモ植物体がある。この植物体が生長すると，Fig. 2 のⅡのように，葉①が枯れていき，この葉がついている節にヒゲ根ができる。同じ時期に茎の先端に新しい節ができて，この節から新しい葉が生成される。植物体の生長が進むと，Fig. 2 のⅢのように節4が地下にもぐって地下茎の節となってヒゲ根をはり，Fig. 2 のⅡで生成された新しい葉は更にのびて Fig. 2 のⅠと同じ形態になって，新しい植物体となる。この結果，地下茎に存在する節は4コとなる。

茎を切断して，観察すると，茎が2分しているのが，しばしばみられる。(Plate 1) この茎分れと植物体の生長様式とをあわせて考えると，Fig. 3 のようになる。まず Fig. 3-Ⅰ に示すように茎が先端で2つに分れる。植物体の生長が進むと，Fig. 3-Ⅱ のように更に新しい節が形成され，新しい葉が生成される。更に生長が進むと，Fig. 3-Ⅳ のようになり，Plate 2-1,2,3, がこれに相当する。更に植物体の生長が進むと，Fig. 3-Ⅵ に示すようになり，Plate 2-4,5,6, がこれに相当する。

考　　　　　察

茎の伸長，節の形成，葉の生長及び茎分れから，植物体による植物体の増殖は以下のように考えられる。

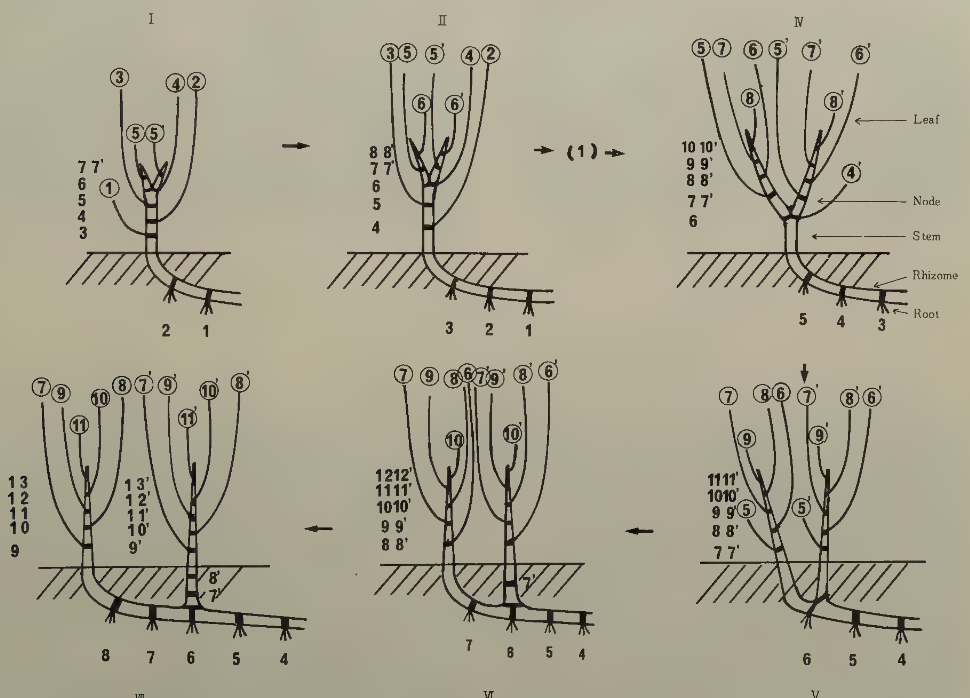


Fig. 3. Diagrammatic representation of growth pattern in *Zostera marina* II.
※ (1) indicates there is one figure between figures II and IV.

茎が伸長して節が形成され，新しい葉が生長する。同じ時期に１番古い葉が枯れ，この葉の節がヒゲ根を出して地下にもぐる。こうしてこの地下にもぐった節をもととした新しい植物体ができあがる。この増殖方法では，１植物体から１植物体しか生成されないので，植物体数の増減はない。

しかし，茎分れがしばしば観察されているので，実際には１植物体から２植物体の生成が相当行われていると推察される。事実，現場では Plate Ⅱ-1,2,3, にみられるような植物体が非常に多い。この増殖方法はまず茎が２分し，それぞれの茎が独立にその生長様式にしたがって生長し，Fig. 3 のように移行する。

一つの地下茎から数本の植物体が出ていることがしばしば観察され，しかもこれらの植物体に大小の差がみられる。しかし，これは植物体の生長様式から図を書くと（Fig. 3, 4），この差は生長の差であって，植物体の新旧の序列をあらわすものではないことが理解される。つまり，茎分れから植物体が増加するので，同じ地下茎から出ている植物体には生物年令差はない。また何節も地下にもぐって，しかるのち地上に出てくる植物体と，すぐ立ちあがる植物体とが実際にみられるが，これも Fig. 4 から理解されるように，生物年令差をあらわしているのではなく，これらの間に茎分れの規則が必ず存在する。また茎分れを経ないで，直接地下茎から植物体がでることはない。

地下茎の移植による植物体の増殖を行う場合には，茎の伸長から節の形成が生じ，葉の生長に移行し，新しい植物体に移行するということ，及び茎分れから植物体の増殖に移行するという事実から，少くとも生長点をつけた地下茎を移植しなければならない。葉体を含まない地下茎のみの移植では，植物体の新生は期待できない。

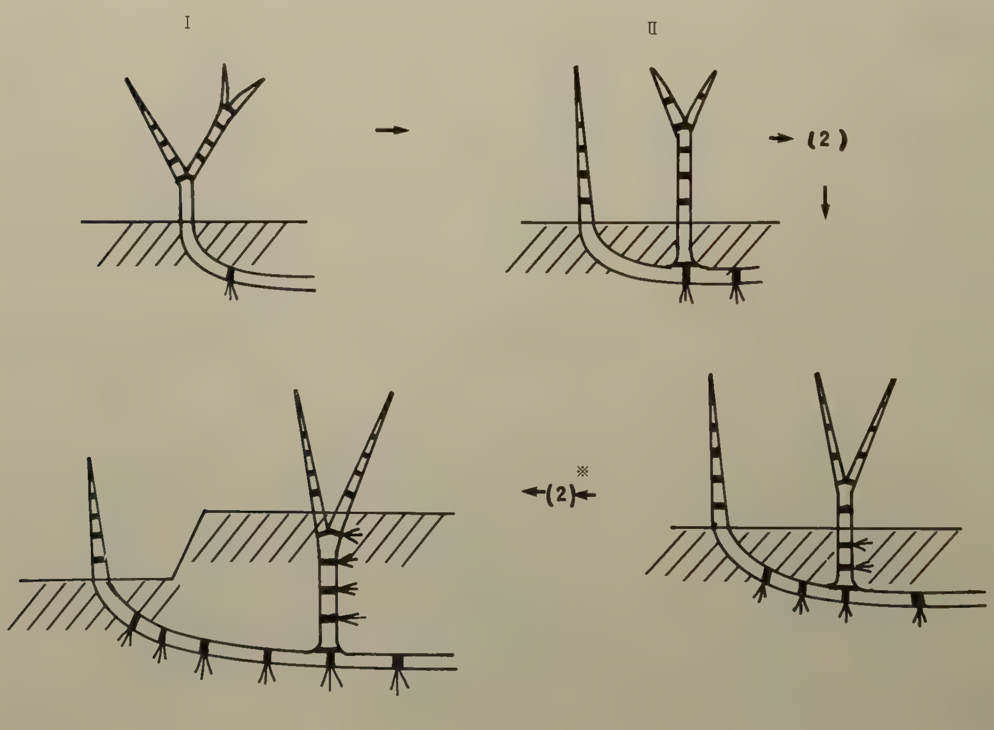
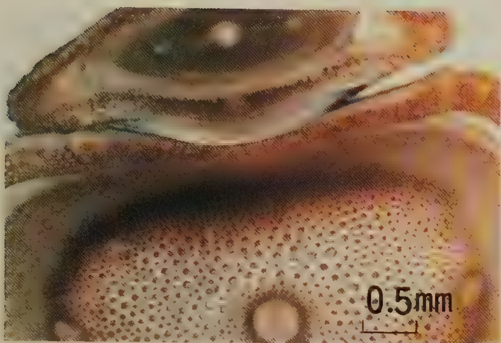


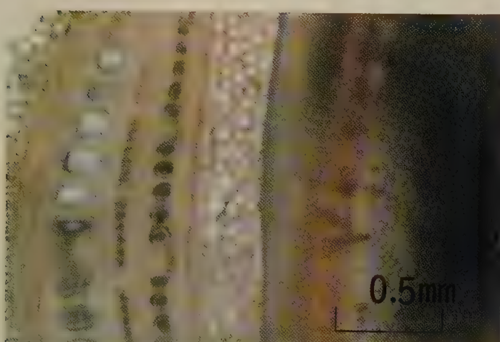
Fig. 4. Diagrammatic representation of growth pattern in Zostera marina III.
※ (2) indicates there are two figures between figures II and V.

Plate 1

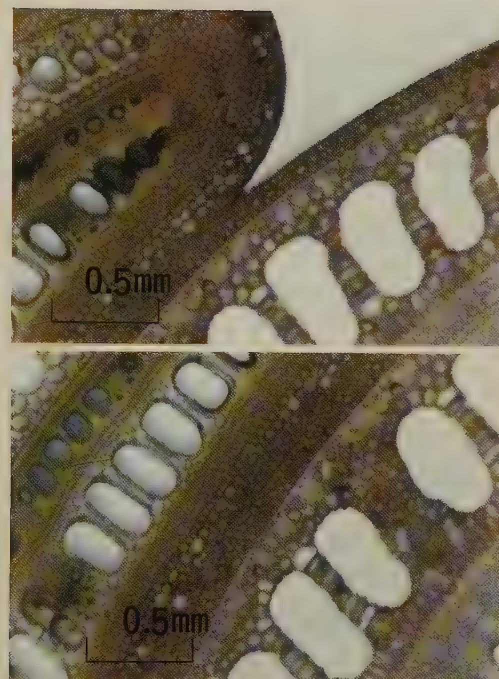
1



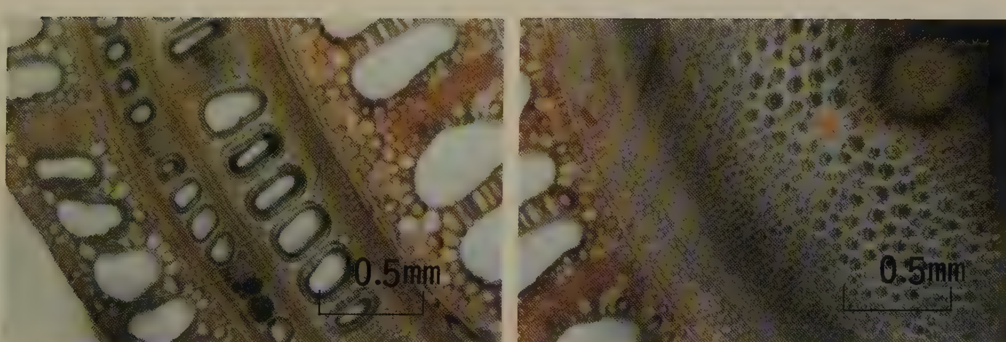
2



3



4



Explanation of plates.

Plate 1. Transverse sections of *Zostera marina* showing stem differentiation.

Plate 2. Specimens of *Zostera marina* showing various growth stages in the stem and rhizoid.

Plate 2

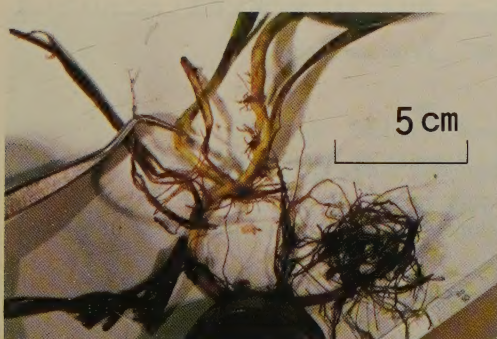
1



2



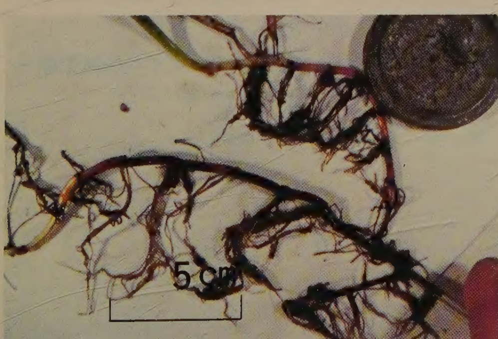
3



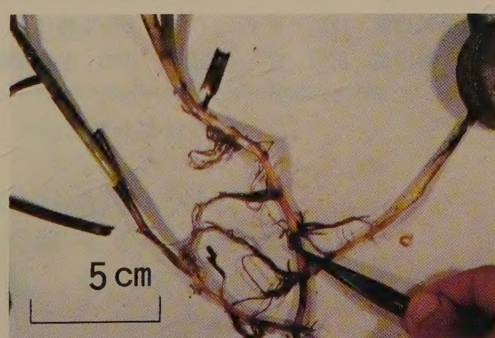
4



5



6



三木[6]が地下茎は１ケ月に２コの節ができる生長速度で，数ケ月間伸びつづけ11月以降に葉を形成して１植物体になるという報告を出して以来，まず地下茎が伸びて，次に葉が生成されるという知識が一般化している。

新崎[7]は地下茎が伸びていくのではなく，茎が地下にもぐって，新しい地下茎になると観察の違いを報告している。しかし，葉の生長，茎の伸長，節の形成，地下茎の生長を有機的に関連ずけたアマモの生長について観察していなくまた増殖方法までは考察していない。今回の観察結果から，植物体の生長様式及び植物体による増殖方法が明らかとなったが，今後とも観察を続け，植物体による増殖の条件を調べたい。

摘　　　　要

広島県東部，三原水道の細ノ州で，アマモの生態調査を行い，アマモの生長様式について詳細な観察を行って，以下の結果を得た。

５月から10月にかけて，アマモの繁茂密度には大きな変化はみられなかった。

アマモ植物体の生長様式は以下のようになる。茎が伸長して節が形成され，新しい葉が生長する。同じ時期に１番古い葉が枯れ，この葉の節がヒゲ根を出して地下にもぐる。こうしてこの地下にもぐった節をもとした新しい植物体ができあがる。（Fig. 2）

茎分れがしばしば観察され（Plate Ⅰ）現場では Plate Ⅱ-1, 2, 3, 4, 5, 6 にみられるような株分れが非常に多い。この増殖方法はまず茎が二分し，それぞれの茎が独立にその生長様式にしたがって生長し，それぞれが別個体となる。

従って，地下茎の移植による植物体の増殖を行う場合には，葉体をつけた地下茎を移植しなければならない。

文　　　　献

1）SAUVAGEAU, M. C., 1891: Sur la tige des *Zostera*. Journal de Botanique 3, 33-45.

2）――――――, 1891: ―――――――――――――――――― 5, 59-68.

3）CHRYSLER, M. A., 1907: The structure and relationships of the *Potamogetonaceae* and allied families. Botanical Gazette, 44 (3), 161-188.

4）MIKI, S., 1933: On the sea-grasses in Japan (II). *Cymodoceaceae* and marine *hydrocaritaceae*. Bot. Mag., 48 (566), 131-142.

5）――――――, 1933: On the sea-grasses in Japan (III). General consideration on the Japanese sea-grasses. Bot. Mag., 48 (567), 171-178.

6）――――――, 1933: On the sea-grasses in Japan (I). *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters. Bot. Mag., 47 (564), 842-862.

7）新崎盛敏，1950：アマモ，コアマモの生態（Ⅱ）．日水誌，16（2），70—76.

8）今林博道，花岡　資，高森茂樹　1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—Ⅰ．他魚種との関係．本誌，(8)，101—111.

BULLETIN OF THE NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

is issued each year with one or two Numbers. All communications relating to this Journal should be addressed to Director.

Exchange of publication will be highly appreciated.

Address

The Nansei Regional Fisheries Research Laboratory

Director & Administrative Sections
Inland Sea Fishery Resources Research Division
Aquiculture Research Division
Oceanographic Research Division
(Fisheries Ground Preserving)
7782-9 Maruishi, Ono-machi, Saiki-gun,
Hiroshima pref., 739-04, Japan

Offshore Fishery Resources Research Division
Oceanographic Research Division
6-1-21 Sanbashi-dori, Kochi, 780, Japan

〔非売品〕

昭和52年10月25日 印 刷　　昭和52年10月31日 発 行

広島県佐伯郡大野町丸石7782—9

発行者　南西海区水産研究所
花 村 宣 彦

印刷所　株式会社 中本本店印刷

CONTENTS